

国际信息工程先进技术译丛

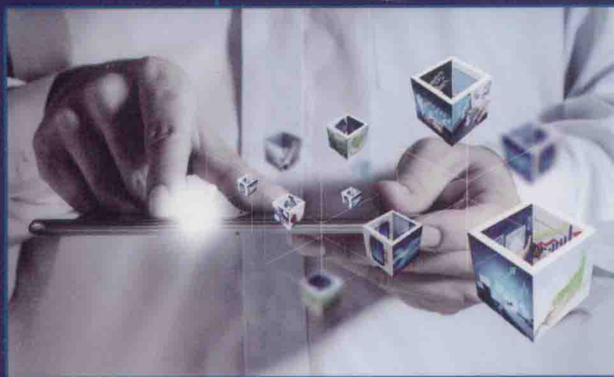
触摸屏技术与应用

タッチパネルがわかる本

（日）越石 健司·黑沢 理 编著

薛建设 刘翔 鲁成祝 译







机械工业出版社

CHINA MACHINE PRESS

国际信息工程先进技术译丛

触摸屏技术与应用

（日）越石　健司·黑沢　理　编著
薛建设　刘　翔　鲁成祝　译



机械工业出版社

图书在版编目（CIP）数据

触摸屏技术与应用/（日）越石健司，（日）黑沢理编著；薛建设，刘翔，鲁成祝译. —北京：机械工业出版社，2014.3
ISBN 978-7-111-45911-8

Ⅰ.①触… Ⅱ.①越…②黑…③薛…④刘…⑤鲁… Ⅲ.①触摸屏 Ⅳ.①TP334.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2014）第 030239 号

机械工业出版社（北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037）
策划编辑：林春泉 责任编辑：吕 潇
责任印制：刘 岚 责任校对：李锦莉
北京京丰印刷厂印刷
2014 年 4 月第 1 版 · 第 1 次印刷
169mm×239mm · 9.25 印张 · 176 千字
0 001—3 000 册
标准书号：ISBN 978-7-111-45911-8
定价：42.00 元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换

电话服务
社服务中心：（010）88361066
销售一部：（010）68326294
销售二部：（010）88379649
读者购书热线：（010）88379203

网络服务
教材网：http://www.cmpedu.com
机工官网：http://www.cmpbook.com
机工官博：http://weibo.com/cmp1952

译 者 序

近年来，以 TFT-LCD 为代表的平板显示技术获得了飞速地发展，迅速取代以彩色显像管（CRT）为基础的传统显示，成为显示技术的主流。

随着中国制造的崛起，中国的平板显示产业获得了突飞猛进的发展，已经投产十多条 TFT-LCD 液晶面板生产线，涵盖了从 4.5 代线到 8.5 代线，形成了较大的产业规模，其规模还在不断地扩大。纵观平板显示产业的发展规律，产品价格愈来愈低，液晶面板厂商面临着严峻的考验，如何开发高附加值产品成为急需解决的问题。

触摸技术与平板显示技术的结合，可以方便地实现显示功能和触控功能的统一，能够提高液晶显示产品附加值。现在这类产品经常出现在人们的视野中，如售票机、银行的 ATM 机、游戏机以及手机等显示终端，给我们的生活带来了便捷。特别是苹果公司的 iphone 和 ipad 横空出世再次把触摸屏技术推向了高潮，同时也给液晶显示行业带来新的生机和更大的市场份额。

触摸屏技术最先在日本兴起，后来转移到韩国和中国台湾，得到了迅猛的发展。而中国大陆的触摸屏技术发展相对较晚，但其发展速度很快，已形成一定的产业规模，随着其投资规模不断地扩大，已经成为新兴的朝阳产业之一。目前，市场上有关触摸屏的技术或者其行业的出版物比较少，广大相关技术产业人员非常渴望学习相关技术的书籍，相关权威书籍的引入可以满足人们的需求，并进一步促进触摸屏产业的发展。在此背景下，京东方科技集团技术研发中心、多年从事显示技术开发工作的薛建设高级专家、刘翔、鲁成祝资深研究员等翻译了《触摸屏技术与应用》一书。本书由多位日本触摸屏产业的权威专家执笔撰写，深入浅出地说明了各种触摸屏技术的原理、技术动态，介绍了各种触摸屏、各种材料及其发展趋势，是一本难得的专业参考书籍，适合触摸屏技术的科研人员、产业人员以及想了解触摸屏技术的人阅读，也可供高等学校相关专业的老师和学生参考。

在本书出版之际，非常感谢京东方技术研发中心的金春梅、张海岑、崔海军、郑红等同事参与本书的翻译和整理工作；感谢机械工业出版社的各位领导和编辑的大力支持，同时感谢京东方各位领导和同仁长期以来的关怀和帮助。

在翻译本书的过程中，多次校对，力求忠于原著，由于译者才疏学浅，如有疏漏和不妥之处，希望广大读者不吝指正。

译者于京东方技术研发中心

2014 年 1 月



前言

“触摸屏”这个名词已经在电视、新闻、杂志等众多媒体以及书店频繁登场。在人气旺盛的游戏商品以及手机上的搭载，使它越来越贴近我们的生活。另外，不仅限于消费商品，车站的自动售票机，银行的ATM机，公司以及医院的前台也均有应用，使人切实感到在日常生活的方方面面，与触摸屏接触的机会正在日益增多。

通过触控来进行操作的设备设置在以液晶为中心的平板显示器（flat panel display）的表面进行使用的情况居多。平板显示器产业已经形成了10兆日元的市场规模，成为牵动日本产业的客观存在。但是，今后尽管还会增加数量，对于金额的增长，许多人做出了低调的预测，究其主要原因，是由于其对“电视”这种需求很大的产品搭载率已经很高，而进一步更为广泛的应用尚未明了。另外，日本厂商的市场占有率不高，规模在缩小，或者不得已准备退出的企业数量也在增加，也有人认为，它不能称作健全的产业。鉴于此，将触摸屏与液晶平板显示器进行比较的话，它的市场规模过小，但今后的成长是肯定的，预计会有15%的年增长率。我们期待它健全并持续地成长，成为电子器件产业新的支柱。

尽管触摸屏如此受到关注，迄今为止，记述这项技术以及业界的出版物却为数不多，需求技术的基本说明以及今后发展动向的书籍的呼声越来越高。笔者应株式会社工业调查会之邀，共同出版了有关平板显示器的书籍，由于日常业务中接触的机会较多，于是这次也加盟了关于触摸屏的课题。但是，由于缺少技术专业知识以及本书涉及信息的知识面也略显不足。在这样的状态下，以专业知识见长的Topre株式会社的黑沢　理先生，以及在业界有广阔人脉的各位同仁也参加了本书的策划，使本书得以出版发行。本书还得到了常年活跃在一线的平板显示器业界的分析家，技术系统（Tech. System research）株式会社的武花　勇一先生、株式会社中日社董事长的金井　信幸先生、以及功能性薄膜研究会的支援及执笔合作，才实现了实质性的运作。此外，功能性薄膜研究会是与传感器技术相关企业组成的研究会，以现任会长的斋藤　浩先生（综研化学株式会社顾问），以事务局的松井　孝雄先生（原日东电工株式会社）为

中心启动，已经进入了第9个年头，通过独特且具有个性的各种集团活动，使会员人数不断增加。

关于本书的构成，绪论介绍了触摸屏的早期以及现在的市场，包括商品动向在内的概论部分，由金井先生、黑沢先生及越石先生执笔；第1章介绍触摸屏的用途和市场的状况，由武花先生执笔；第2、3章为技术内容，从基本原理讲到最新动向，由黑沢先生执笔；第4章介绍了业界动向及触摸屏的性能，由越石先生执笔；第5章介绍了触摸屏所使用的材料及发展趋势，由功能性薄膜研究会参会企业的各位成员执笔。

本书由活跃在各个领域第一线的人员执笔，相信是一本可以把握触摸屏的整体状况的图书，本书中可能出现表达方式的差别，以及同类的课题有所重复，为了保留每位主笔者不同的个性，编者没有贸然进行文字加工，恳请各位读者谅解。本书作为了解触摸屏技术的入门教材，对于那些想了解包括市场业界材料发展趋势的读者，可以作为较好的参考书，给读者提供些许帮助。

工业调查会株式会社的新谷滋记社长为本书的出版提出了宝贵的意见，此外，向在本书的企划到执笔者的委托及汇总，直至出版的这段时间倾注了大量精力进行编辑的向井真记等各位先生表示由衷的感谢。

2009年10月

执笔者代表

Binit株式会社　越石　健司

【关于再版】

本书是将2009年10月由工业调查会株式会社出版发行的《触摸屏要点说明》进行修订后的新版，在修订期间，由于平板电脑的上市，触摸屏市场取得了飞速的增长。本书继承了原书的内容，希望能给读者提供些许帮助。

2011年4月

执笔者代表

Binit株式会社　越石　健司

触摸屏就是搭载在平板显示器件上，用来读取手指、触控笔等描述的指令、进行人机界面交换的工具，操作简单便捷、坚固耐用，备受人们的青睐。近年苹果 iphone、ipad 产品的崛起，进一步推动了触摸屏技术的发展，让更多的人走进了触摸技术的世界，也让触摸技术走进了我们的生活。

本书由日本多位触摸屏产业权威专家撰写，共分 5 章，讲述了触摸屏的产生、发展过程，并预测了未来的发展趋势；对触摸屏的技术及其工作原理进行了详细地讲解和分类；着重地讲解了制造触摸屏的主流技术以及相关的材料，同时对未来高性能触摸屏对材料和技术的需求进行了详细的说明。

本书适合触摸屏技术的科研人员、产业人员以及想了解触摸屏技术的人阅读，也可以作为辅助教材，供老师和学生参考。

Original Japanese edition

Touch Panel ga Wakaru Hon

Edited by Kenji Koshiishi and Osamu Kurosawa

Published by Ohmsha, Ltd

This Chinese Language edition published by China Machine Press

本书版权登记号：图字 01－2011－7138 号



目录

绪　论

触摸屏的可能性



触摸屏是什么?

“触摸屏”一词自从在20世纪80年代初出现，到如今已有30余年。当时就有了很多种触摸屏，其中之一就是电容式触摸屏。那时显示器的主流是CRT（Cathode Ray Tube，阴极射线管）显示器，14in[㊀]电容式触摸屏的价格大约为20万日元。CRT显示器分为两类：一种是球形（Spherical）的布朗管（Brown tube）显示器；另一种是圆柱形（Cylindrical）布朗管显示器；不同尺寸的显示器的曲率半径不同，因此使用CRT制作触摸屏是一件很困难的事情，比如在CRT显示器上面镀膜，成膜后的厚度分布不均匀，尤其是在制作球形电阻式触摸屏时，难度更大。

起初，液晶显示器刚面世时，14in的液晶显示器的售价为40万日元。当时人们还不怎么熟悉触摸屏，几乎没有使用触摸屏。业界普遍认为当触摸屏的价格为原来的一半时，市场的份额将增至原来的4倍，笔者也这么认为，于是就进行了触摸屏的开发工作。与那时相比，现在触摸屏市场已经是原来的数百倍，甚至数千倍。尽管触摸屏的发展也有过停滞期，但如今已在显示领域占有相当大的份额。



图1　售票机

报摊、银行ATM、各站点的售票机等普遍使用的都是触摸屏（如图1所示），从外观上无法分辨出它的制作原理。以前，可以按照触摸的方式去给触摸屏分类。例如“戴着手套触摸”、“用笔的前端触摸”、“用指甲触摸”、“滴上水滴触摸”等。但是最近常常让人挠头的是以什么方式实现触摸屏的触摸？市场上接连不断地出现采用各种方式触摸的触摸屏，即便知道了触摸屏显示方式，也不能从根本

㊀ 英寸，1in = 2.54cm，后同。

上解决人们的疑惑。但是对于从事触摸屏的人来讲，还是比较在意的。在商店前、展会上、服务区域等地方，看到触摸屏就不由自主地触一触，摸一摸。图 2 所示为触摸屏产品的变迁。

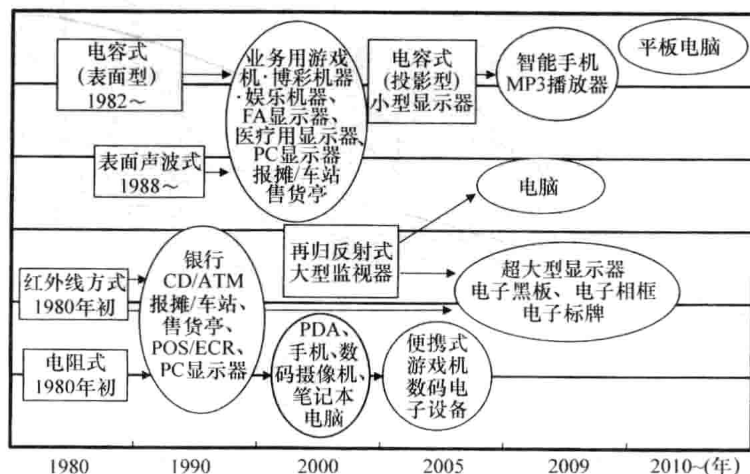


图 2　触摸屏产品的变迁

现在普遍将触摸屏称为“触控板”（Touch Panel，TP）⊖，其实这是日本特有的叫法，在全球范围内一般都称之为触摸屏（Touch Screen）。电器的输入元件包括开关、键盘、鼠标、轨迹球（Track Ball）、指点杆（Stick Point）等。广义上有声音输入、手势（gesture）输入等。触摸屏也是其中之一，而最近任天堂（Nintendo）公司发明了一种使用笔的电阻式触摸屏游戏机“任天堂 DS”（见图 3），美国的苹果公司在智能手机 iPhone（见图 4）或音频存储设备中也使用电容式的触摸屏，既实现了多点触控，又体现了直感的输入方式，这些都打破了传统的输入概念。

触摸屏可检测所触控位置的坐标，它通过与显示画面相结合的方式，可以像各种输入装置一样执行同样的工作。因此触摸屏可以说是非常具有魅力的人机界面（Man Machine Interface，MMI）。以下列举的是可用触摸屏操作的内容。

⊖ 如今主流触摸屏是由输入设备触控板（TP）与显示设备液晶屏组合而成的，因此在本书中，触摸屏是总称，而 TP 则专指输入设备。——译者注



图 3　任天堂 DS



图 4　iPhone

①开关（按键）

例如，为了能够根据检测出的坐标和显示图的坐标，进行装置的开/关等，在 PC 或主装置界面进行编程，实现与开关功能同样的功能。而且，在不用变更硬件时，就可以在编程时增减开关、变更位置，非常方便。

②键盘

如①中所述的开关，就能实现与键盘同样的功能。因为可以根据编程来变更设置和功能，所以使用一个硬件就可以实现多种多样的键盘功能。

③鼠标等定位装置

触摸屏因为知道所触控的坐标，因此也可以像鼠标那样，用于指示位置。检测出位置和时间的变化，就可以通过称之为手势的动作实现信息的输入。鼠标是通过相对坐标定位，而触摸屏使用绝对坐标，也就没有左、右键点击的差异。

④多点触控装置

鼠标只能识别一个坐标，但触摸屏按不同的检测方式还可以识别多点触控。利用这个优势，能实现在传统的输入装置上很难实现的输入界面，如图 5 所示。

如上述，触摸屏根据程序的情况可实现千变万化的功能。但是，综合响应速度、使用环境、有无左右点击等因素，也并不一定就比传统的输入设备更优越。但是，在不使用或变更硬件，只利用一个硬件就能实现各种的输入

界面，这具有很大的优势。因此，把其称之为开关、鼠标之上的输入装置也不为过。

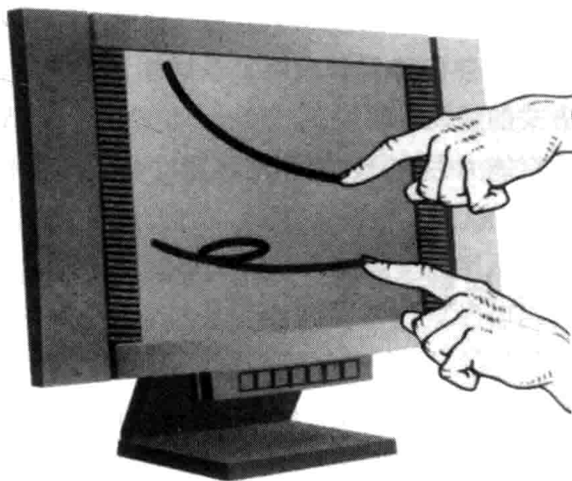


图 5　多点触控

2 触摸屏的优缺点

以下是触摸屏的优点：

①没有物理性的按键也可以利用软件实现各种操作，如放大、移动等。

②多点触控（两点以上）的方式可实现放大、缩小等各种输入。

③显示的操作对象与输入对象一致，具有直感操作性。

④输入与显示一体化的，可以实现机器的小型化，设计的自由度比较高。

⑤不会像键盘、开关等存在缝隙，进入垃圾、灰尘、水等，不容易损坏，且易维护。

以上只是触摸屏的优点，但它也有如下缺点：

①不适合键盘、鼠标、按钮等快速输入。

②直接触摸显示，画面易被污染，读取信息比较难；易因发生刮痕等导致误操作。

③没有像按钮以及鼠标那样的点击感，所以输入动作会变得笨拙（也有可获得点击感的触摸屏）。

④盲人使用困难，所以需与声音指示及按键并用，或者是指定触摸位置。

另外，详细的内容会在第 2 章和第 3 章详述，触摸屏有很多的检测方式，不同的检测方式的触摸屏的用途、尺寸、价格、系统结构等都不同。只有理解好这些，才有能力去检测出自己的装置是否可以使用触摸屏。



3 市场规模与新技术

平板显示市场的市场规模巨大，已超过 10 兆日元，并且今后数量、显示面积也会继续扩大，但平板显示的价格规模会呈现低速成长或者处于低迷期，这是业界一致的看法，但触摸屏市场今后将有快速的发展，这已成为业界的共识。图 6 所示为市场的预期规模。在触摸屏的出货量方面，2009 年是 4 亿 8 千万张，但到了 2015 年会增长至 14 亿张。价格方面，2009 年市值是 37 亿美元，但到了 2015 年预计将达到 90 亿美元。

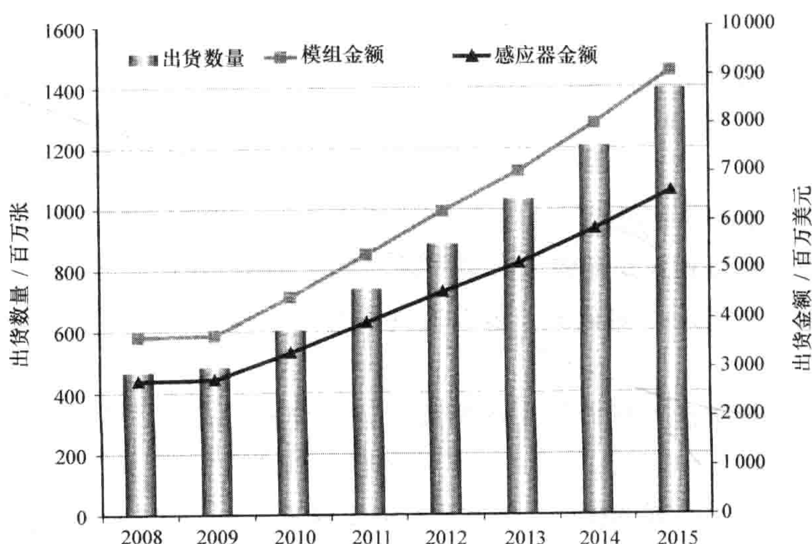


图 6　触摸屏的市场预测

各种各样的触摸方式也是触摸屏一大特点。过去触摸屏的主流方式是电阻式，此外其他的方式触摸屏被少量地集成于尺寸较大（10in 以上）的产品上。即使在 2008 年，电阻式触摸屏在数量上也约达 70%、金额也占一半以上。但是，作为商品企划，在大尺寸产品中要求集成触摸屏成为一种趋势，而且随着新技术不断涌现与商品化，很难预期将来电阻式的触摸屏情况。其主要的因素之一，就是苹果公司在 iPhone 手机中采用了投射电容式触摸屏，以此为契机，投射电容式触摸屏在手机中所采用的比重大有改变。投射电容式触摸屏最大特点是可实现“多点触控”，并可以大大提高液晶屏的显示能力。这种触摸方式怎么拓展至除手机以外的产品上，何时能实现在 5in 以上的大尺寸产品的批量生产以及如何降低成本，这一点备受瞩目。

但是，被称为不能实现多点触控的电阻式触摸屏，其完成的技术开发也越来越多，因此也不能疏忽。此外还有能感应触摸感觉的面板与液晶显示器一体化的商品，融合两种方式的结构，电容式触摸屏以低成本实现高透过率的方式的提案等新技术的开发和新产品的上市，在电子显示技术中的发展变化也很大，而今后的成长也变得可靠。

4 市场与产品动向

现在作为触摸屏中最大的产品市场是手机，出货量占 60% 左右。其次是便携式游戏机、便携式媒体播放器（Portable Media Player，PMP）、便携式导航设备（Portable Navigation Device，PND）等。从金额的层面来看，第一位仍然是手机，占有率约占 30%，要比数量的占有率少很多。

其次是 POS（Point of Sale，销售终端）系统、笔记本电脑、报摊终端、车载导航。集成触摸屏的显示产品尺寸多种多样，所采用的方式也不同，所以在出货量和金额上，其占有率也会有所不同。另外，产品的用途不同，触摸屏的集成率也是不同的。产品数量的增长以及集成率的变化，以往至今一直都被预测会变大，触摸屏产品根据用途的市场占有率备受瞩目。

对于备受瞩目产品的用途，配合照片介绍近期上市或在展会上发表的产

品。集成触摸屏的手机产品如诺基亚、三星等大厂商先在日本上市，电阻式触摸屏、电容式触摸屏产品（见图7所示），先行于中国市场上。今后发展的趋势是，在智能手机、电子纸、微型笔记本电脑中集成触摸屏，打破画面的尺寸、产品功能上的界限，逐渐形成标准化，如图8和图9所示。

另外，在电子书上集成触摸屏也将影响今后产品化的电子新闻产品的形态，如图10所示。



图7　手机

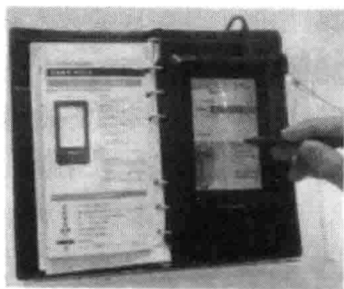


图8　电子纸

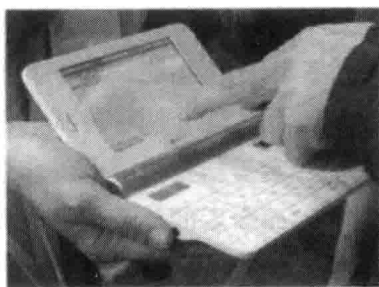


图9　迷你笔记本电脑

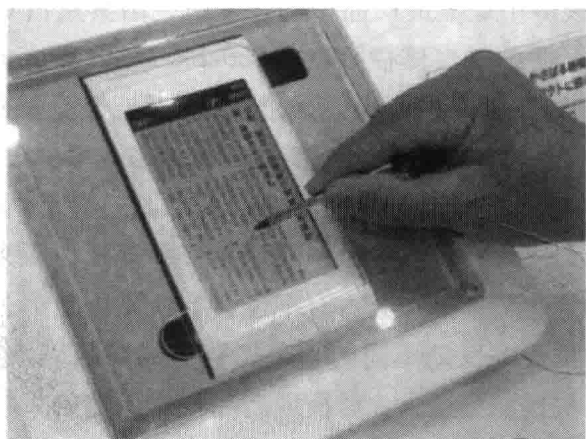


图10　电子新闻

到目前为止，车载导航（见图 11）在日本市场中的集成率最高，欧美市场触摸屏的集成率今后也将呈现出急速上升的趋势。

集成了触摸屏的个人计算机在今后的触摸屏出货面积上将占据最大的市场。至今为止搭载电磁诱导方式的平板电脑（Tablet PC）（如图 12 和图 13 所示）仅为助跑时间，在 20in 的左右的画面尺寸中将会搭载何种方式、何种比例（见图 14），这将如具有多点触控面板功能的 Windows7 一样备受瞩目。

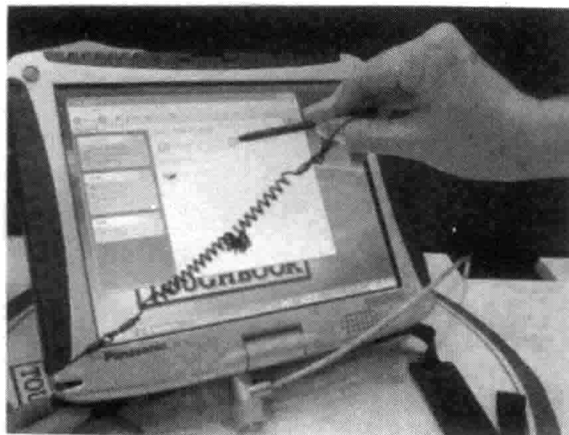


图 11　车载导航

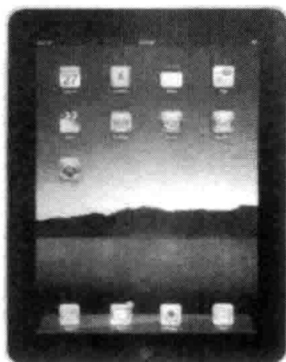


图 12　平板电脑（1）

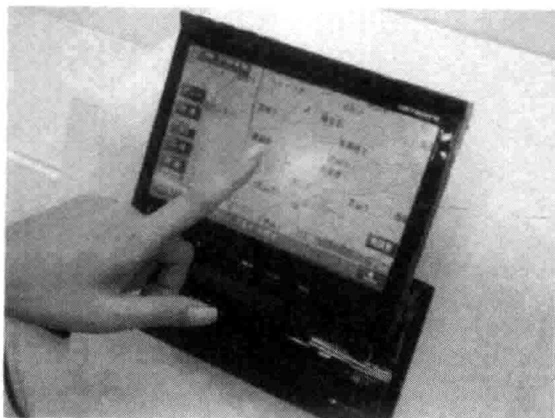


图 13　平板电脑（2）



图 14　大画面尺寸的 PC

从显示设备行业整体来看，作为对今后发展有牵引作用而备受期待的电子标牌领域以及应对“3D 技术”的触摸屏也已经发展（见图 15 和图 16），因此触摸屏的增长也必须关注。



图 15　电子标牌



图 16　3D 触摸屏

接下来第 1 章将要讲述的主要内容是，目前具有最大的市场的手机触摸屏、智能手机触摸屏，今后有望成为大市场的电子词典触摸屏，以及现在正在形成市场而将来具有更大的市场的个人触摸屏电脑的相关动向。

第 1 章
触摸屏的用途与市场趋势



触摸屏的用途

触摸屏被集成于平板显示器上，作为操作用的感应器来读取手指、笔等所描出的轨迹。触摸屏不仅用于手机、还用于数码相机、便携游戏机、复印机、车载导航等中小型显示器件上，此外，还可以用在银行 ATM、计算机显示器、电子标牌上，其用途范围非常广，如图 1-1 所示。

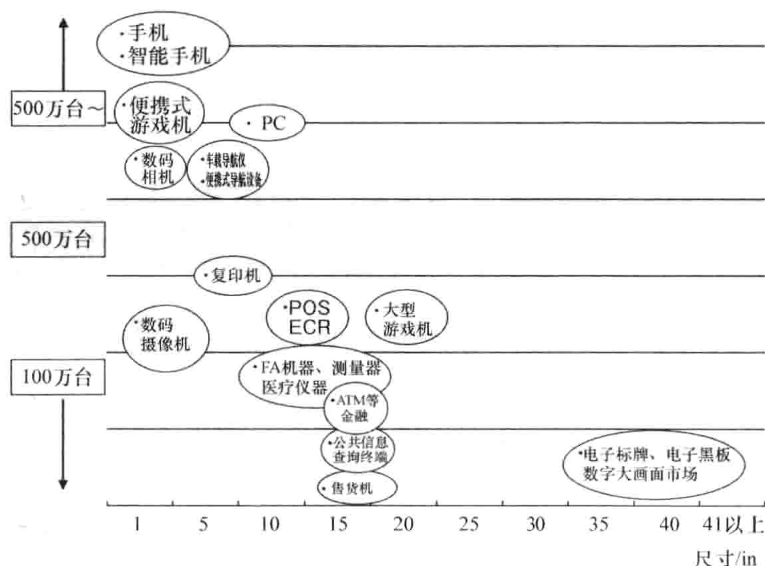


图 1-1　触摸屏的各种尺寸应用市场规模图

2000 年之前的触摸屏用途仅限于 PDA（Personal Digital Assistant，个人数字助理，俗称掌上电脑）、电子记事本等一部分产品的领域。但是，随着中低价的平板显示领域急速扩大，集成于平板显示上的触摸屏市场与平板显示的需求成正比，有扩大的趋势。

主要用在 PDA 的小型触摸屏的销量下降，导致了小型触摸屏市场有停滞甚至有缩减的倾向。然而，随着 2004 年“任天堂 DS”便携式游戏机中集成触摸屏和便携式导航设备的上市，小型触摸屏面板的市场恢复了原来的盛况。再加上以美国苹果公司 iPhone 为代表的智能手机的上市，每年在超过

12 亿台的手机、智能手机集成触摸屏的市场也在不断增加。

尽管在中等尺寸触摸屏中也有很多应用，如 FA（不良分析）等业务的触摸屏，再加上电子书、上网本等新产品的上市，使得对集成触摸屏的期待也正在不断提高。特别是，微软公司的 Windows 7 操作系统，可以支持使用触摸屏的 Windows Touch 软件，这很有可能促使触摸屏在 PC 相关产品中的集成量急速增加。

另外，对于大型显示器件，触摸屏本来只局限在如售货机等的业务性用途上的。而现在其用途也越来越广泛，例如 电子游戏等娱乐产品中，电子标牌、教育用白板等也开始使用触摸屏。

2 市场趋势

手机、智能手机

手机在 2008 年形成了超过 12 亿台的巨大的市场，是能够影响触摸屏甚至于很多部件的产品。手机的基本功能是通话功能，但现在手机中还加入了其他功能（邮件、Web、摄像、导航等），多功能化逐步得到发展。另一方面，数码相机、便携式游戏机等具有专门用途的数码机上，也增加了通信功能，开始向着新服务及功能的方向发展。

因此，便携式数码设备的界限越来越模糊，与此同时，陆续有很多瞄准这种产品的新产品上市。

从手机衍生的产品来看，备受瞩目的产品是智能手机。一方面，智能手机操作系统如 Windows、Symbian、Mac、Google 的标准化，可以降低制造商的开发费用。另一方面，智能手机也成为多功能手机的象征。图 1-2 所示为智能手机的长期趋势。

智能手机可分为，以 Windows 手机为代表的 PC 的精简产品和手机的多功能化的大画面化产品。一方面 PC 衍生型的智能手机以商业用途为中心，它的需求正在扩大。另一方面，从多功能手机衍生的智能手机，随着多媒体性能提高和手机的操作系统的标准化，其集成触摸屏的数量将呈现上升的趋势。

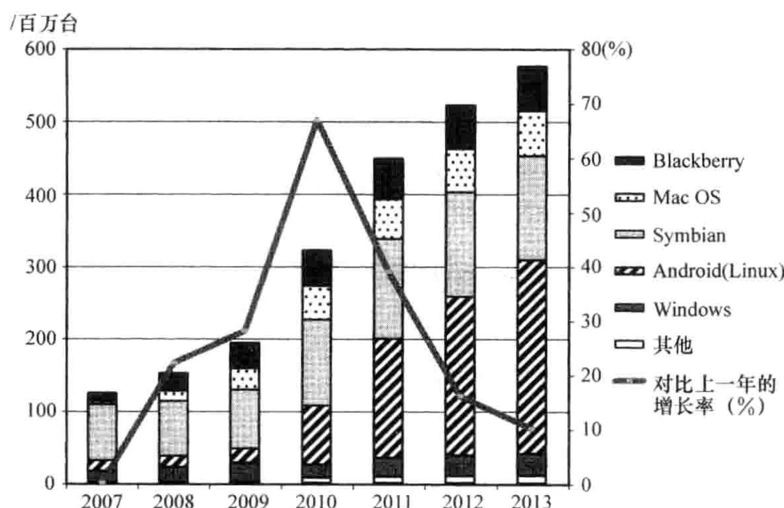


图 1-2　智能手机的长期趋势

随着智能手机的多功能化，各种各样的零部件被装入手机内。

因此，多功能化发展的同时，操作性却也降低了，以至于越来越多的消费者们无法完全灵活地利用其所有功能。符合人体操作习惯的集触摸屏与小型按键于一体的应用型产品，正逐渐成为提高操作性的关键装置而备受关注。

触摸屏很早开始就被采用在手机产品上，但多数集成都是以触控笔录入的。包含手机在内的便携设备，很多消费者都认为集成触摸屏后，针对操作性提升而言，使用触摸屏会让人觉得手被束缚了。并且，还有些人厌烦用手触摸画面而弄脏了画面。因此，触摸屏是普遍集成在文字笔画数较多的汉语圈中和 PDA 手机上。

智能手机的 Widget 功能除了笔录入外，也发挥了触摸屏的其他特点。Widget 是安装在手机上的小容量客户端应用程序，可以把会频繁用到的功能（时间、日历、新闻等）建立应用图标，使消费者可使用自定义的工具。包括手机在内的数码设备，大多都可以连接互联网、消费者可自由地下载应用软件、可以自定义画面的需求也不断地高涨。Widget 功能与触摸屏的联动性比较高，这个可以说是不同于笔录入的触摸屏需求。

随着触摸屏的输入方法从以往的笔录入转为手录入，新的触摸屏方式开

始被采用。有关各种方式，会在第2章和第3章中进行详述，但以往在10in以下的小尺寸显示器上采用的都是电阻式触摸屏。电阻式触摸屏结构简单、成本竞争力高，因此其他方式触摸屏就没有被采用。一方面，被采用的新的电容式触摸屏，虽然不适用笔录入，但因为可进行Z轴的检测、多点触控的操作，因此正被用于手机上。而且，追求薄型化的触摸面板与液晶面板一体型的In Cell式触摸屏的开发也正在推进，便携数码设备中所采用的触摸屏方式有望走向多样化。图1-3所示为手机触摸屏的种类分布。

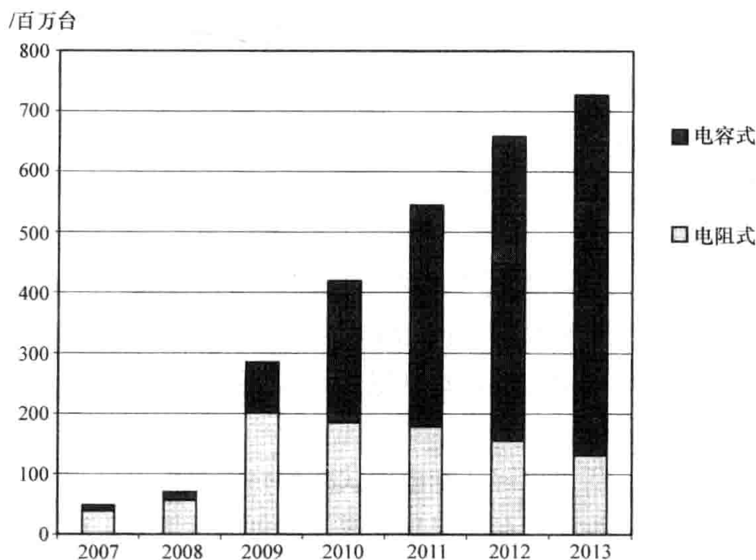


图1-3　手机触摸屏的种类分布

手机的需求与智能手机为中心的Widget功能集成数成正比，2008年的时候需求增加至8600万台。特别是2007年出现的iPhone采用了电容式触摸屏，使电容式的触摸屏关注度有所提升。除苹果公司以外，三星、LG等公司也追随其后，在日本市场中，NTT DoCoMo公司的prime系列手机中也采用了电容式触摸屏，电容式触摸屏的集成正在市场中加速进行。另一方面，在电阻式触摸屏中采用“bezel less”方式的“Touch Window”（见图1-4）的上市，使得设计性提升，与电容式触摸屏一起都正被采用。

电阻式触摸屏与电容式触摸屏的不同点在于是否支持触控笔录入、Z轴检测、多点触控和成本等几个方面。在触控笔录入方面，电阻式触摸屏是比较有利的，但电阻式触摸屏是很难进行Z轴检测、多点触控。虽然还没有

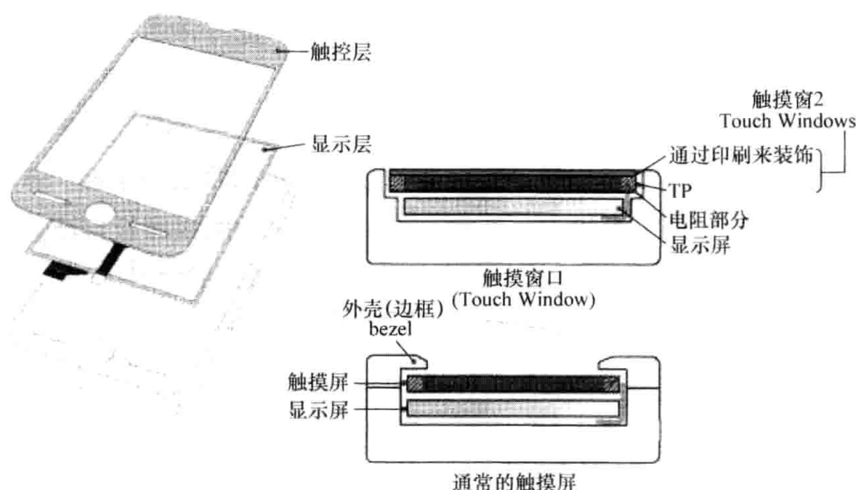


图 1-4 Touch Window

利用 Z 轴的触摸屏，但厂商对于多点触控的要求正在加大。但也有一些看法认为，在小于 4in 的显示尺寸中使用多点触控，其优势会较低。

关键要素是在于成本。1in 的电阻式触摸屏的供应价为 0.5 ~ 1 美元，3.5in 的电容式触摸屏折合美元是 10 ~ 20 美金。利用电容式触摸屏的产品大多是面向高端产品，所以电阻式和电容式的价格差是可以接受的。但随着今后在普及机和低端机种等产品中采用触摸屏的可能性增大，对部件成本的要求也会比较高。而且，在轻薄、成本方面被寄于期望的是 In Cell 方式（见图 1-5）。虽然 In Cell 有多种方式，不仅可以通过升级液晶显示制作工艺的来进行生产，而且还可以实现薄型化。虽然 In Cell 方式还有很多如由于检测、外光所产生错误驱动等课题，但可以说是与电阻式、电容式并驾齐驱的有力的显示方式。

电子书

电子书，可谓近几年来备受瞩目的移动产品之一。电子书是浏览书籍和新闻的专用终端，目前在日本国内索尼、松下实现了其商品化。

在日本国内手机阅读已成为主流，版权、书籍的电子化等问题重重，所以并没能普及。但在北美市场，网络书籍销售大公司亚马逊（Amazon）在 2007 年销售了电子书阅读器 Kindle，对电子书的需求正在加大。

当 Kindle 利用 Amazon 服务时，就可以通过电子书终端免费连接网络。

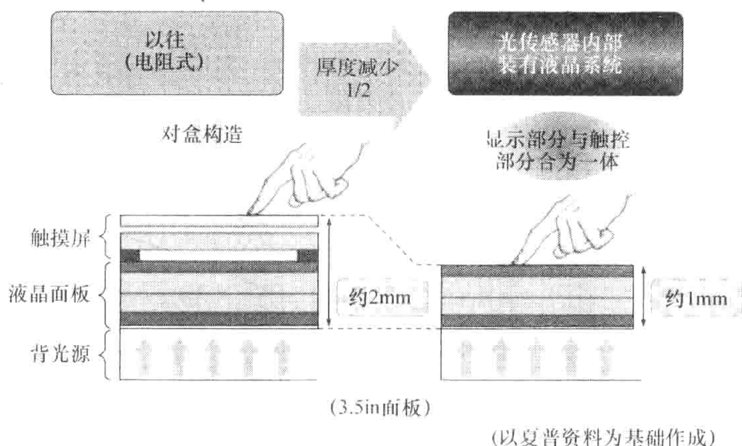


图 1-5　夏普光感内置系统液晶

它作为结合并提供电子书终端、数据传送、网络连接的 3 个服务的新的商业模式而备受瞩目。索尼、三星、brother、富士通、LG 等大公司也在进行电子书的商品化，加入的公司数也急速增加，如图 1-6 所示。

电子书中触摸屏集成率较低，现在只有部分产品集成了电磁诱导式触摸屏。但从 2009 年起，索尼公司开始销售集成触摸屏的电子书（见图 1-7），因为电子书是用于阅读书籍、新闻、商务资讯的终端，所以利用笔录入的记事等需求较高。电子书的需求扩大的同时，用于电子书的触摸屏的需求也呈现扩大的趋势，如图 1-8 所示。

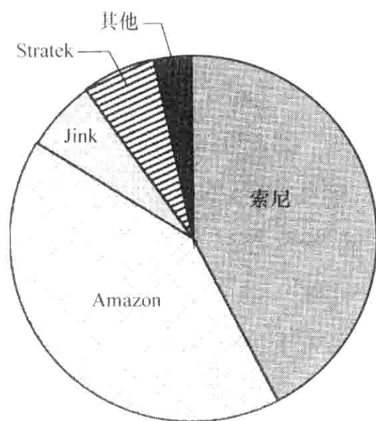


图 1-6　2008 年电子书厂商市场率

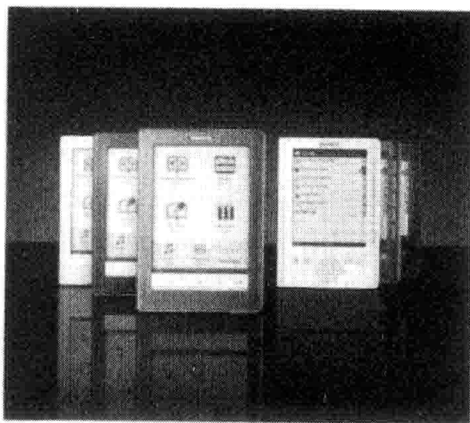


图 1-7　索尼电子书 reader（美国出售）

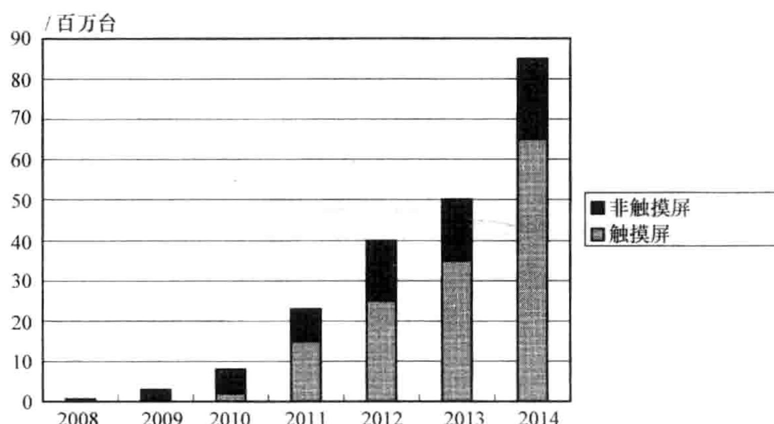


图 1-8　电子书需求的预测

在电子书终端的显示模块中集成了电子墨水方式（Eink 方式：Eink 公司 2009 年被中国台湾地区的 PVI 公司收购）的比率非常高。显示的背景像纸那么白，虽然是所谓的“电子纸张（e-paper）”，但是是没有背光的反射模式，并且透过率也较高，而这正是触摸屏所需求的。虽然被集成的触摸屏方式会取决于上述需求以及今后输入方式的趋势（是笔录入还是手录入），但预计需求量会很大，因此其趋势也是备受瞩目的。

个人电脑

个人电脑（PC）分台式电脑和笔记本电脑，因为有笔记本电脑，所以台式电脑的需求增长迟缓。一方面，笔记本电脑正往小型化发展，并形成了上网本或 MID（Mobile Internet Device，移动网络设备）等新的领域，而且其市场也不断扩大，如图 1-9 所示。

另外，显示器件的尺寸向大型化，宽屏化发展的同时，上网本的需求也在增大，预期 10 ~ 15in 的需求将会增加，如图 1-10 所示。

PC 中集成触摸屏的产品是以平板电脑销售的，但还是局限在部分专用商业用户，还未达到普及的程度。但是微软 Windows 7 的应用给 PC 专用面板市场带来了巨大的变化。2007 年发布的 Windows Vista 在 Home Pernium 以

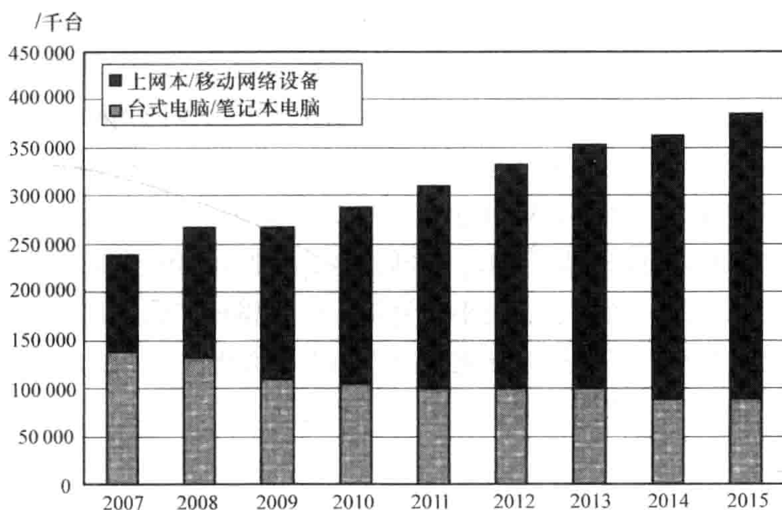


图 1-9　各类宽屏 PC 的需求

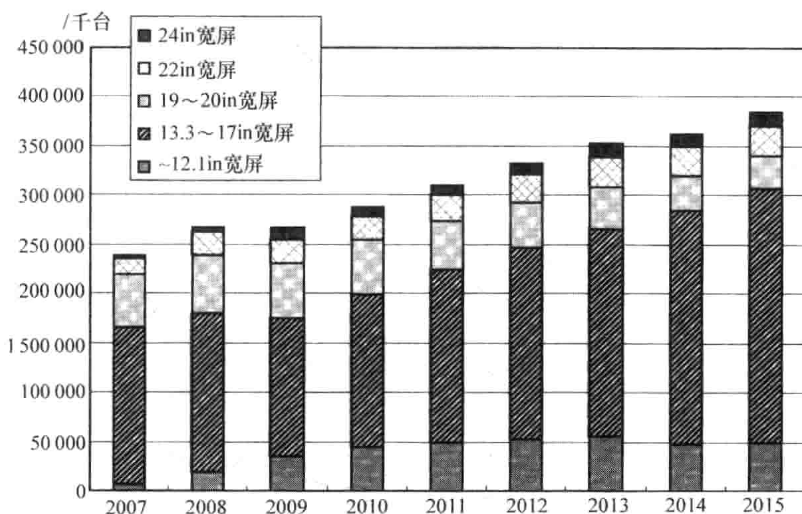


图 1-10　各类尺寸 PC 的需求

上版本的产品中基本集成了 Windows XP Tablet PC Edition 的功能，因此减轻了 PC 厂商的负担。加上 Windows 7 的用户界面中支持多点触控，都积极地加大多点触控产品开发。

以往笔记本电脑使用触摸屏比较重视用笔录入，因此就采用了电磁诱导

式。电磁诱导式触摸屏必须搭配专用的笔，所以这种方式不适用于手录入的多点触控。因此，以电阻式触摸屏、电容式触摸屏、光学式触摸屏的方法开展了 PC 用的多点触控。

虽然以往电阻式触摸屏无法实现多点触控，但法国的 Stantum 公司发布了电阻式触摸屏的解决方案（solution），并且提供了采用多点触控的电容式触摸屏，正在调研利用 CMOS 作为传感器元件的新的多点触控方式。利用 CMOS 感应器的多点触控是在电子标牌、电子黑板等 30～100in 的大尺寸显示器件中所采用的。而通过实现小尺寸化、低价格化，也正规划面向 PC 的集成。此外，各种方式的触摸屏在功能方面都各有优缺点，也出现了把多个触摸屏方式集成为一体的产品，如图 1-11 所示。

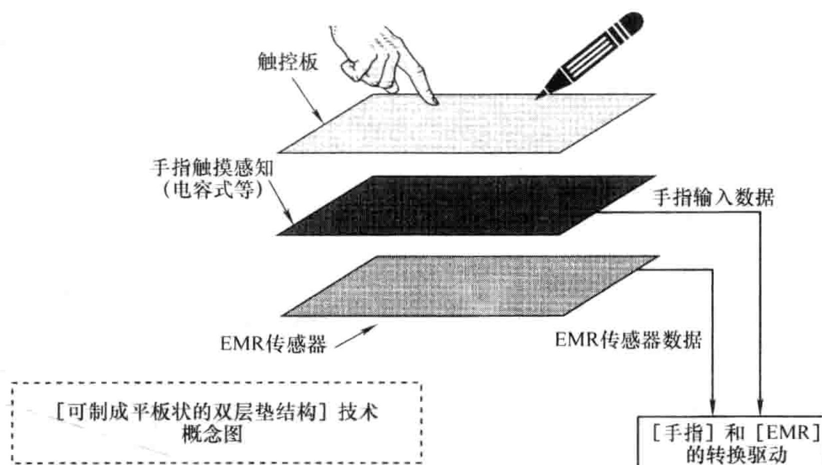


图 1-11　一体化传感器

各种触摸屏的方式的采用在发展过程中，与手机一样，对面向 PC 的部件成本也有比较高的要求，因此各种方式都要求具备成本的对应力。利用玻璃基板的电容式触摸屏，是在与液晶显示器一样的设备上生产的，可以大幅度降低成本。特别是，液晶显示制造设备推进大型化，有很多折旧完的闲置设备。在中国台湾地区和韩国的很多厂商计划利用这些闲置的设备生产触摸屏，这很有可能促使触摸屏产业也像液晶显示产业那样面临激烈的成本竞争。因此，在成本方面被寄予厚望的电容式触摸屏应用在 PC 上很有可能将成为主流，但还存有很多需要解决的课题。

包括手机、笔记本电脑在内的正开展多功能化的数码机多数正进行着用户界面的改善，而触摸屏可以说是提升用户界面的器件之一。适于各种产品的触摸屏的采用方式不仅多，而且触摸屏的市场需求也必然扩大起来。

一方面，因为还有很多技术性的课题，成本对应、供应体制等诸多课题，所以也很有可能成为一个商业机会。但是，进入触摸屏市场的厂商，大多都是利用闲置设备，所以成本竞争必然刚开始就会变得异常激烈。而单纯的成本竞争的结果导致的利润率的低迷只会使企业疲惫不堪，所以在进入触摸屏市场这方面，必须要构筑一个商业模式。

第2章

电阻式和电容式触摸屏的原理与技术动向



有关触摸屏的类型

目前，所谓的触摸屏的种类非常多。通常，触摸屏是由与显示设备的液晶显示器不同的部件组成的，把透明的触摸屏贴到显示设备的前面，这种触摸屏就称之为“狭义的”触摸屏。一般输入介质是手指。

除此之外还有使用专用笔的输入装置或近期的液晶显示器本身就具备触控功能的触摸屏也被加入其中，这些就被称之为“广义的”触摸屏。

狭义的触摸屏大体分为四种：电阻式，电容式，光学式，超声波式。广义的触摸屏有电磁诱导式、In Cell 式。图 2-1 中对这些方式进行了分类。因为触摸屏没有一个方式是全能的，所以现存在多种触摸方式的触摸屏。例如，电阻式是唯一一个不选择输入媒体的优越的方式，但耐久性方面较差，不适合大众的操作需求。尽管电容式或光学触摸屏的价格比较高，使用也具有局限性，但更适合需要长期耐久性的电子售货亭等产品。

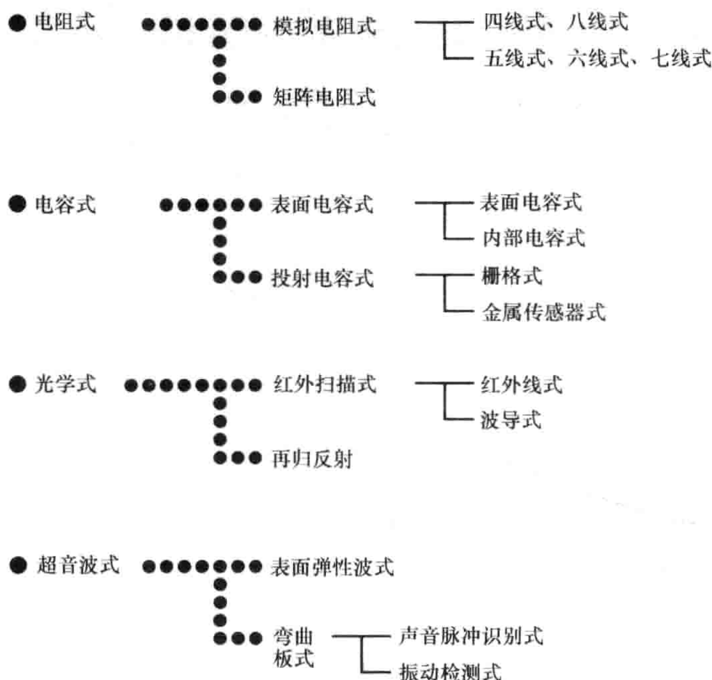


图 2-1　触摸屏的方式详细分类

(以下是广义的触摸屏分类)

● 电磁诱导式 ●●●●●● 电子磁共振（EMR:Electro Magnetic Resonance)

● In Cell式 ●●●●●● 电阻式
●●● 电容式
●●● 光学式

图 2-1 触摸屏的方式详细分类（续）

从不同的角度对触摸屏进行分类，可分为“电子性检测方式”和“非电的方式”。利用电子性检测的方式触摸屏主要是电阻式和电容式。这种情况下需要使用ITO（Indium Tin Oxinde，铟锡氧化物）或ATO（Antimony Tin Oxide，锑锡氧化物）等透明的导电膜，可能降低透过率。但其存在的缺点是，即使此光学方式在光学特性方面比较优越，也会有经常出现错误动作的缺点。

因此，在本章和下一章中，将详细说明各种方式触摸屏的检测原理及其结构。考察各方式的近期技术的动向和未来的发展。

2 电阻式触摸屏

电阻式触摸屏的基本结构

电阻式触摸屏大体可分为“模拟方式”和“矩阵方式”两种。电阻式触摸屏最初是把上下透明导电膜以加工成长方形，方格状正交结构的矩阵电阻膜多数是用于FA上的。之后在反射型液晶显示的电子书等开始普及，模拟电阻式触摸屏也被开发出来，一直用到现在。模拟电阻式按照方式的不同有四线式至八线式。四线式和八线式是利用相似技术的触摸屏。为了能让这些内容更容易理解，首先针对触摸屏的一般性结构进行说明，对于各种方式触摸屏的检测原理之后会再做说明。

图 2-2 所示为电阻式触摸屏基本结构的截面图，其结构比较简单。有两张相对排列透明的导电膜（顶部电极和底部电极），透明导电膜可以是 ITO 也可以是其他透明的金属，在两电极中间加入隔垫物（dot spacer）。触控面板时，使顶部电极发生弯曲，在没有隔垫物的点上两电极导通，以此决定显示的位置。

底部电极多数使用碱玻璃（soda lime），图中未表示，但碱玻璃中碱成分会影响 ITO 导电性，为防止碱成分的析出，经常使用 SiO_2 在其上做一层保护膜。下部电极板除了使用玻璃之外，还可以用塑料基板。作为透明电极的导电膜一般使用表面电阻为 500Ω/□左右的 ITO。

隔垫物是绝缘体，在底部电极上通过印刷工艺形成，在未触摸时起到防止短路的功能。为了提高输入敏感度，防止笔录入时卡住等现象，可以使用高度 10μm、直径为 30μm 的微型隔垫物。

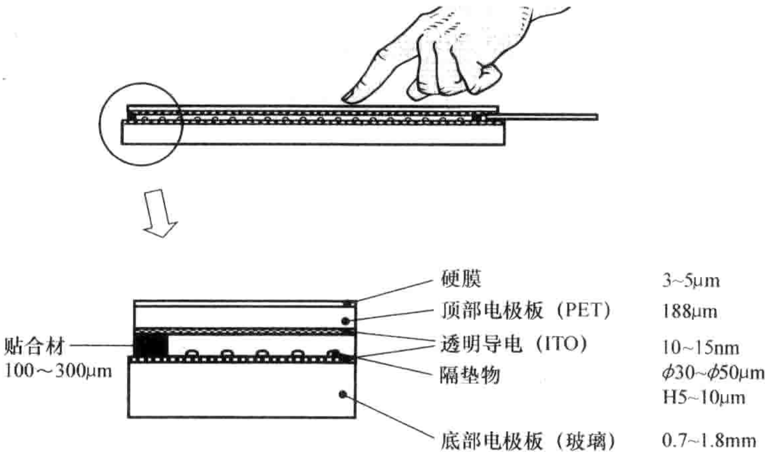


图 2-2　模拟电阻式触模屏的基本结构（切面图：F/G）

现在，即便在使用手指触控也不会感觉到圆形隔垫物存在。在大型化面板上，使用圆形隔垫物触动时容易产生牛顿环（干涉条纹），需要相应的解决方案。各公司采用不同的设计，如内部空气层和外部空气层阻断的“密封方式”、带有微小孔使外部空气通气的“带孔方式”解决此种条纹。

顶部电极板没有弯曲时是不会有输入的，因此顶部电极板可以使用透明的薄膜基板或者较薄的玻璃。透明导电膜的表面电阻也与底部电极一样多数使用 500Ω/□左右的 ITO。顶部电极板的触控面按照用途的不同，有做防眩

光（Anti Glare，AG）处理的或者贴覆偏光片，但不管怎样都需要进行硬化处理（铅笔硬度上 2H ~ 3H）。

平行电极或电极丝使用低电阻的银胶（通常 10 ~ 5Ω · cm），但银和 ITO 或玻璃之间是否相互匹配，需要进行环境试验等充分的验证。

模拟电阻式触摸屏

① 四线式模拟电阻式触摸屏

现在所使用的触摸屏大部分是四线式模拟电阻膜的方式。它不用选择输入媒体，特别是薄膜/玻璃（Film/Glass，F/G）结构的面板，其价格非常便宜，因此在所谓的手机、游戏机、数码相机等小尺寸触摸屏以及 FA 中得到广泛利用。图 2-3 所示为四线式模拟电阻膜的方式触摸屏的坐标检测原理。

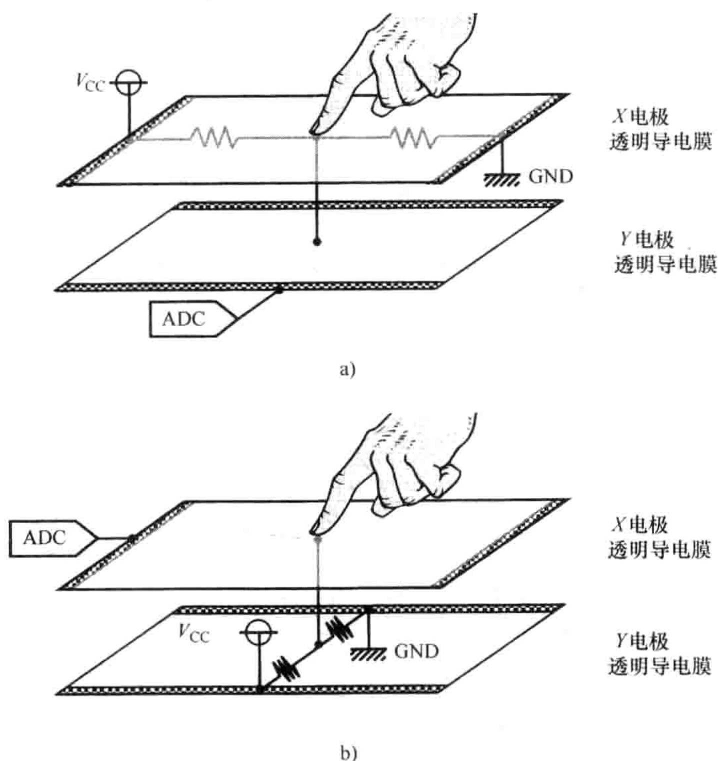


图 2-3　四线式模拟电阻式触摸屏的坐标检测原理

a）X 坐标检测　b）Y 坐标检测

它是以检测触控位置电压的方式确定其坐标，在上下基板的 X、Y 轴都有各自的电压，X、Y 坐标的检测是通过检测模拟开关的变化而进行的。坐标分解依靠加到面板的电压和模-数转换能力。输入电压标准为 5V，因耐噪声的原因，3V 下也能充分地进行检测。

总之，模拟电阻式触摸屏制作简单、成本低，应用在很多领域。但它对温度和湿度敏感，温度和湿度可以使 ITO 表面电阻发生变化，导致位置偏移；此外，还有因使用不当，使顶部 ITO 发生刮伤或破坏，导致位置偏移或一直处于输入状态的缺点。同样是四线式模拟电阻式触摸屏，玻璃/玻璃（G/G）与 F/G 相比，面板的可靠性高，因此它多用于车载导航上。

② 五线式模拟电阻式触摸屏

为解决上述四线式模拟电阻式触摸屏的缺点而开发的五线式模拟电阻式触摸屏，把 X 轴和 Y 轴的电极集成于下层电极上。此边框状的电极具有一定电阻，形成了 X 轴和 Y 轴的相同的电位。一般用图 2-4 所示的电压检测方式，以底部电极基板的电压差来检测其位置。把底部电极的一对对角的电压

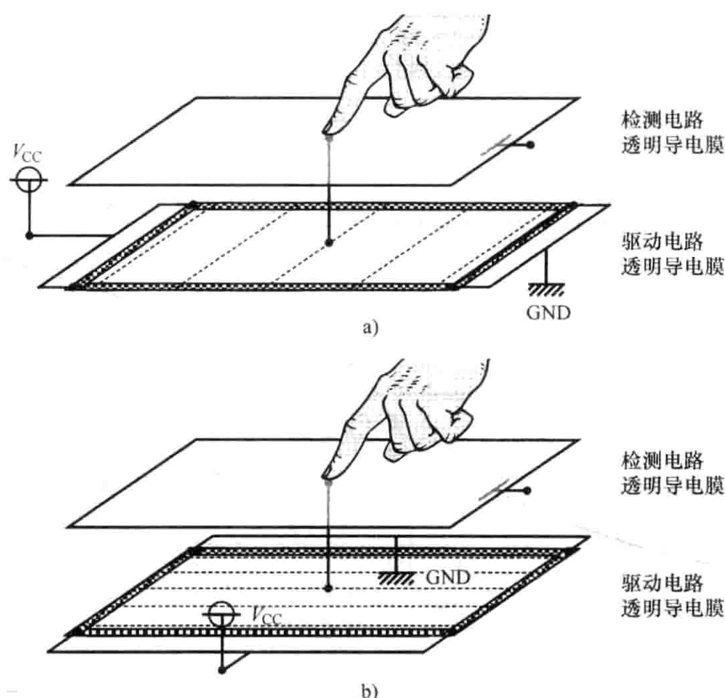


图 2-4　五线式模拟电阻式触摸屏的坐标检测原理（电压检测）

a）X 坐标检测　b）Y 坐标检测

转换为5V和0V，以此获得X轴和Y轴的坐标。上层电极为了能检测电压最好是要导通的。下层电极上有细小的刮伤或破损也不会影响其性能，因此与四线模拟电阻式（约100万次）相比，在如键盘等产品的耐久性方面提高了10倍以上。

五线式模拟电阻式触摸屏还有另外一种坐标检测方式，如图2-5所示。这与之后要说明的表面电容式的检测原理相似。

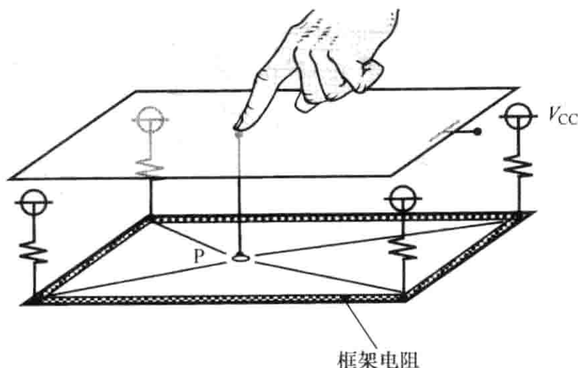


图2-5　五线式模拟电阻式TP的坐标检测原理（电流检测）

③ 六线式模拟电阻式触摸屏

六线式模拟电阻式触摸屏的检测原理与五线式模拟电阻式一样，但底部电极一部分中再加了一条检测噪声的数据线，以此来取消同相噪声，提高耐噪声性。图2-6所示为其结构的概念图。

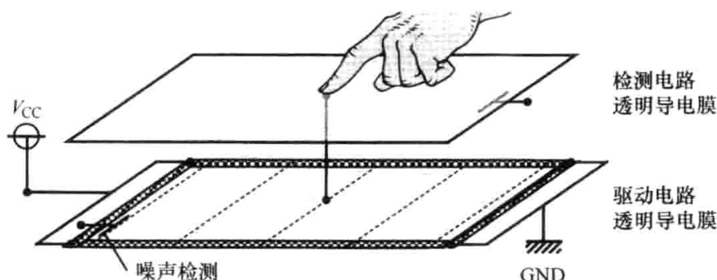


图2-6　六线式模拟电阻式触摸屏的坐标检测原理

④ 七线式模拟电阻式触摸屏

七线式模拟电阻式触摸屏是除五线模拟电阻式的耐久性外，还具备自动

位置矫正功能方式的触摸屏。总共有 7 条线，1 条用于顶部电极、2 条用于底部电压驱动和 4 条线用于底部电压监视。图 2-7 所示为其工作原理，不过在利用电极部分的二极管和边框小型化方面有一定的难度，因此一般用在 15in 以上的大型面板上。

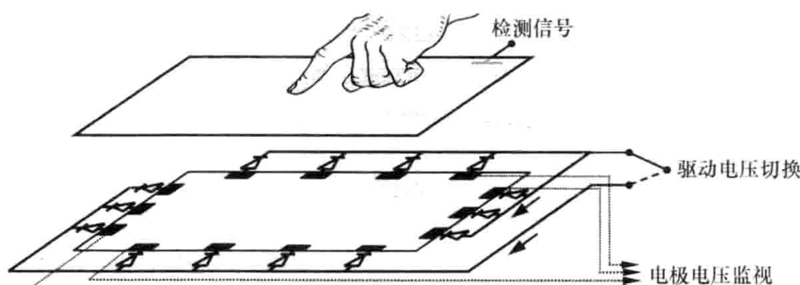


图 2-7 七线式模拟电阻式触摸屏的坐标检测原理

⑤ 八线式模拟电阻式触摸屏

八线式模拟电阻式触摸屏是从四线式模拟电阻式 *X*、*Y* 轴的平行电极上各设置了 2 个主电极和补助电极，共设置了 8 个提取电极。四线式模拟电阻式是即使加载 5V 电压，也可以因为布线的电阻或连接部分的接触电阻而使触控有效部分的电压变成 4V，降低了分辨率。另外根据温湿度的变化，触控的位置也会有所漂移。八线式模拟电阻式触摸屏就是为了解决这些问题而开发的，它可以解析读取面板基准电压，使模拟信号/数字信号的转变能力与输入电压相匹配如图 2-8 所示。

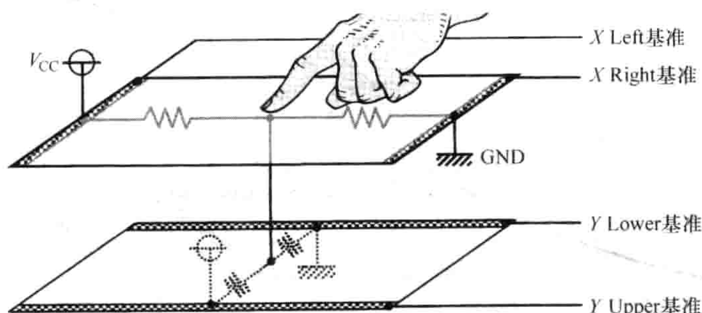


图 2-8 八线式模拟电阻式触摸屏的坐标检测原理

⑥ 类似八线式模拟电阻式触摸屏

八线式模拟电阻式精度非常好，但需要 8 个提取线，边框比较宽。类似

八线式模拟电阻式触摸屏就是解决了这些问题。它的结构与一般的四线式相同，如图 2-9 所示，只有连接线的末端是 8 条线的。一边输入电压，一边则读取标准输出，精度较好，但就系统而言，需要在设计上下一些工夫。

矩阵电阻式触摸屏

矩阵电阻式触摸屏，其结构是通过刻蚀工艺，将其加工成长方形的顶部电极和底部电极相对摆放的结构。在各个长方形电极的一端印制银胶等形成电极（如图 2-10 所示）。近来矩阵电阻式触摸屏因可以缩减长方形电极的线间隔，提高解析能力，实现多点触控，而又被重新重视。但是，有几个长方形电极就需要多少条布线，提取电压也需具备同等数量的线，周边就会变得比较宽。

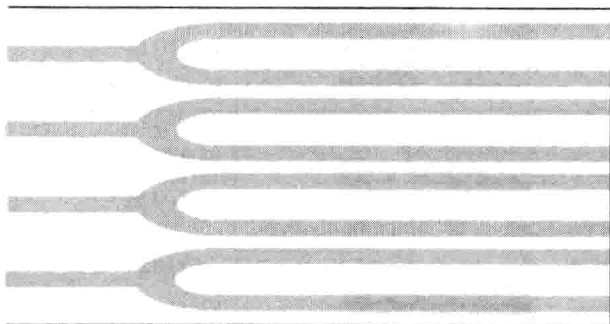


图 2-9　类似八线式模拟电阻式触摸屏的连接线末端

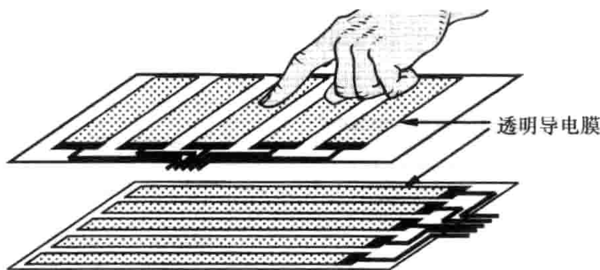


图 2-10　矩阵电阻式触摸屏的检测原理

电阻式触摸屏的面板结构

电阻式触摸屏有各种各样的顶部和底部电极支持部件。表 2-1 是大致的

分类。基本结构是 F/G，该结构由于成本低而被广泛利用。F/F/G 也被大量使用，但因透过率低等问题，近期使用量正在减少。薄膜/塑料（Film/Plastic，F/P）结构在便携式游戏机等轻薄化或摔落时不破损等方面具有优势，而被广泛使用。F/F 类型是指是用光学贴合材料等，直接贴到液晶显示器件上的方式，被称为光学连接（Optical Bonding）方式。进入汽车厂商生产线的纯正汽车导航器（MOP）从信赖性来讲，其标准是 G/G。车载导航为了最大限度地抑制太阳光的反射，贴附的是线偏光片，但在高端产品上利用的是在上下加 1/4 的相位差的圆偏光片产品。

表 2-1　电阻式触摸屏的结构和优点

No.	面板构成			优点
1	F/G		F：ITO 膜 G：ITO 玻璃	（基本结构） 低成本
2	F/P		F：ITO 膜 P：ITO 塑料	轻薄 不会破坏
3	F/F		F：ITO 膜 F：ITO 膜	轻薄 不会破坏 低成本
4	F/F/G		F：ITO 膜 F：ITO 膜 G：玻璃支持板	F/F 型强度提升
5	F/F/P		F：ITO 膜 F：ITO 膜 P：塑料支持板	轻薄 不会破坏
6	G/G 直线偏光板		偏光板 G：ITO 玻璃 G：ITO 玻璃	低反射 环境信赖性
7	G/G 圆偏光板		偏光板 + 位相差板 G：ITO 玻璃 G：ITO 玻璃 位相差板	极低反射 环境信赖性

省略粘着层

位相差板 = 1/4λ 板



技术改进的趋势

① 光学特性的改进

电阻式触摸屏缺点之一就在于光学特性上，尤其是透过率低。顶部电极和底部电极之间存在空气层，因内部反射，透过率会下降。以前为了提高透过率也开发出了一些在空气中注入液体的方式，但因为信赖性不足或价格的问题最终未能转向量产，还是停留在开发状态。

最近为了提高透过率，有人提出提高ITO玻璃和ITO膜材料的透过率。比如，ITO玻璃透过率通常是90%，通过改善各个界面，透过率可以提至97%。ITO膜透过率通常是88%、开发品也有能达到95%的，但使用阶段的高透过率的产品在91%左右。表2-2是理论上面板的透过率。利用现在实用阶段的材料，F/G方式的面板，从理论上透过率应该可以提高至88%，但各个材料的单价会上升几倍，因此不太现实。G/G触摸屏的透过率也能达到94%，但实际中要不贴附防止飞散的膜，透过率就很难超过90%。

贴附偏光片的触摸屏如图2-11所示，中间有一层没有必要的偏光片（液晶需要）。把液晶顶部的这个偏光片拿掉的话，其光学特性会有飞跃的提升。因为其结构类似于将触摸屏放入液晶内部，因此被称之为“Inner TP”。图片上看似比较简单，但需要与液晶厂商的配合，实际开展这个的厂商比较少。

表2-2　电阻式触摸屏的理论透过率

		顶部电极透过率				
		G：90%	G：93%	G：97%	F：88%	F：91%
底部电极透过率	G：90%	G/G：81%	G/G：83%	G/G：87%	F/G：79%	F/G：81%
	G：93%	G/G：83%	G/G：86%	G/G：90%	F/G：81%	F/G：84%
	G：97%	G/G：87%	G/G：90%	G/G：94%	F/G：85%	F/G：88%
	F：88%	—	—	—	F/F：77%	F/F：80%
	F：91%	—	—	—	F/F：80%	F/F：82%

G：ITO玻璃透过率　　F：ITO膜透过率

② 其他特性的改良

电阻式触摸屏在特性方面虽然有很多要求，但其大多数都是在改善触控

面那一侧的 ITO 膜。表 2-3 就是相关的内容。虽然有很多要求，但近期的发展趋势有以下三种：

（1）液晶显示和超级玻璃（Super Glass）

（2）防污/耐指纹性

（3）耐擦伤性

最近液晶显示水准已高精细化，经过 AG 处理的触摸屏，其 RGB 发光的现象凸显出来。而且，用手机或车载导航观看单波段广播电视的机会也变多了，这样一来明显的指纹会让消费者产生不快感。像手机，人们经常会用衣服擦掉手机上的油渍和指纹。

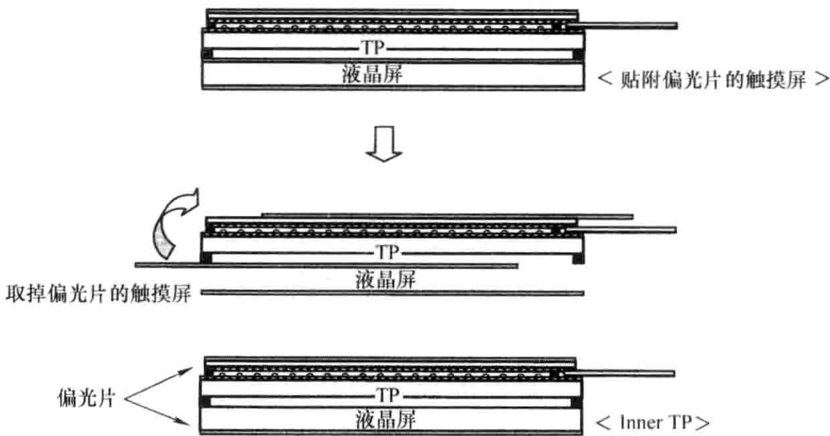


图 2-11　一体型触摸屏

表 2-3　不同 ITO 膜下 TP 特性的改善

特　性	目　的	ITO 膜的改善	触摸屏的改善
高透过率	LCD 画像的鲜明化	表面 AR 层和 ITO 下添加光学干涉条纹	
低反射率	LCD 画像的鲜明化	偏光和高透过率对策	光学连接
干涉条纹	提升外观特性	在 ITO 正下方附加抗干扰层	半月形拱桥状与上下间隔
LCD sparkless	维持高精细 LCD 品质	AG 处理改善与干涉条纹微细化	
颜色	分光透过率的均匀性	增加光学调整层，提升 ITO 膜质	
污染/耐指纹性	很难留指纹和容易擦去	表面防水或亲水处理	

（续）

特　性	目　的	ITO 膜的改善	触摸屏的改善
键盘寿命	使用次数 100 万次以上	ITO 结晶化与 Hard court 性改善	
笔记寿命	用笔输入 10 万字以上	2 层结构与 ITO 结晶化	绝缘层刻蚀
耐擦伤性	很难有刮伤	ITO 结晶化	玻璃电极
窄边框对策	重视设计		
高温高湿	车载产品		

表 2-4　用于 TP（特别是电阻式）的光学膜特性

光学膜	功能	使用部位	构成其他
hard court 膜	耐擦伤性	TP 上面	涂布 hard court 材料（wet · dry）
AG 膜	防眩和光扩散	TP 上面	把微粉末掺进硬屏材料中
AR 膜	反射防止	TP 上面/下面	高曲折/低曲折的叠层
偏光膜	反射防止	车载 TP 表面	TAC/偏光子/TAC
位相差膜	直线偏光转圆偏光	偏光膜和位置	圆偏光 = 直线偏光膜 + 位相差膜
光学等效性膜	光学的等效	ITO 基板	光学等效性的单体膜
ITO 膜	导电电阻体	电极用基板	ITO/光学功能层/PET
光学贴附膜	断差吸收、贴附各种膜	功能膜之间	棱镜粘着层和透明基板附着两面
EMI 膜	防止电磁波	TP 里面	低电阻 ITO，另外金属
视角控制膜	防止窥视，防止漏光	TP 里面	PC/louver/PC

相对打键盘的耐久性而言，最近更为要求耐摩擦性的触摸屏。这不限于电阻式触摸屏，尤其光学薄膜对其特性改善也起到很大作用。表 2-4 就是那些相关内容。

3 电容式触摸屏

电容式触摸屏的原理

电容式触摸屏大体可分为两种：表面电容式触摸屏和投射（或透过型）电容式触摸屏。业界通常称之为" Surface Capacitive" 和" Projected Capaci-

tive"。

从工作原理来看，是两种不同的技术，表面电容式是利用一个片状透明导电膜的模拟检测方法，投射电容式是利用 $X-Y$ 格子状的驱动电极进行累计检测的方式。不管怎样，两种方式都是利用电容的变化检测其位置，那么首先简单介绍一下电容。如图 2-12 所示，当某导体与导体间有电介质时就存在生电容。电容 C 的大小如公式（1），电介质的相对介电常数 E_s 与导体面积 S 是正比，与导体间距 d 成反比。

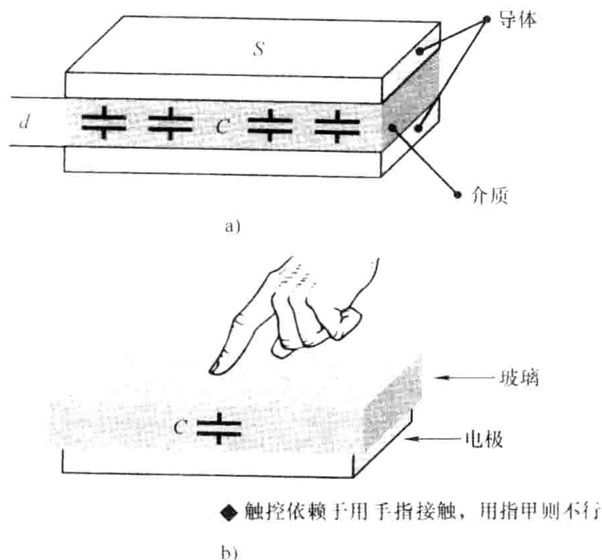


图 2-12　电容式触摸屏

a）电容式触摸屏示意图　b）TP 上形成电容

$$C=E_0\cdot E_s\cdot S/d \tag{1}$$

式中　C——电容值（F）；

E_0——真空的介电常数 $=8.854*10^{-12}$（F/m）；

E_s——电介质的介电常数；

S——导体的面积（m^2）；

d——导体间的距离（m）。

表面电容式触摸屏，一面的电极是 ITO 等透明电极，另一面的电极则为手指。投射电容式是用手指方式改变两个透明电极之间的电容。因此，在指尖的触控下，面积 S 极度变小，不形成电容，不反映。且就算佩戴厚手套，因距离 d 减低，相隔电容变小，很难进行检测。特别是工作手套等纹理较

粗，在空间检测时，相对介电常数 E_s 减低，导致很难输入。表面/投射 2 种方式的共同点都是在于利用人体等接触来实现电容的变化。以下详细说明各自的结构及工作原理。

表面型电容式触摸屏的结构和检测原理

图 2-13 所示为表面电容式触摸屏的一般的面板结构。通常在 3mm 厚的强化玻璃基板上，通过溅射等手段形成具有数百 ~2 kΩ/□的面电阻（厚度约几百 Å[㊀]）的 ITO 或 ATO 透明导电膜，为了提高耐擦伤性，还要在这上面做一层保护膜，保护膜的材料可以是 SiO_2 薄膜或其他的陶瓷材料。保护层可以降低透明导电膜的反射来提升透过率，其膜厚一般控制在适当的厚度（1 μm 左右）内。保护膜表面硬度非常高，用刀也不会轻易划伤，在敲打键盘的测试中也表现出优异的表现（超过数亿次），可以认为它具备了永久的寿命。

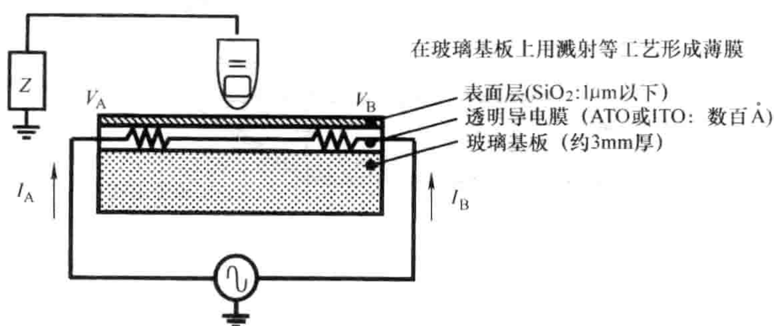
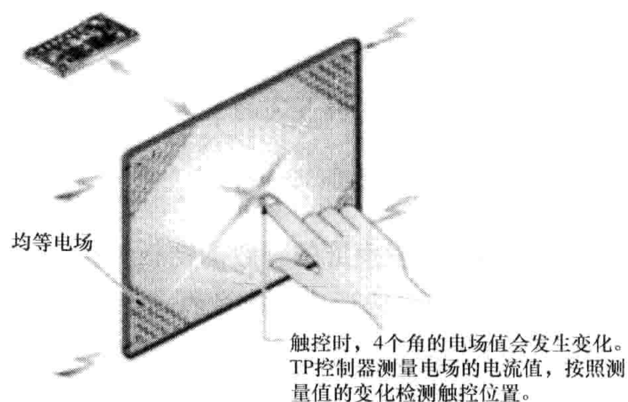


图 2-13　表面型电容式触摸屏的一般结构

图 2-14 所示的是表面电容式触摸屏的概念图，基本电路，驱动信号使用正弦波，在透明导电膜上从四个角同时输出微弱电流的额定电压电路。人没有触控时，四个角因为是同电位，面板几乎是没有电流。一旦接触到某个 P 点时，就会因人体的电容导致面板上形成微小的电流变化（见图 2-15）。这时电流的变化量与 4 个角到触控点 P 位置的距离成反比。实际上就是将电流变化成电压来决定其坐标。可以通过以下公式（2）得到 $X-Y$ 坐标（见图 2-16）。

㊀ $1Å = 10^{-10}m$，后同。



（出自：3M Touch Systems资料）

图 2-14　表面电容式触摸屏的概念图

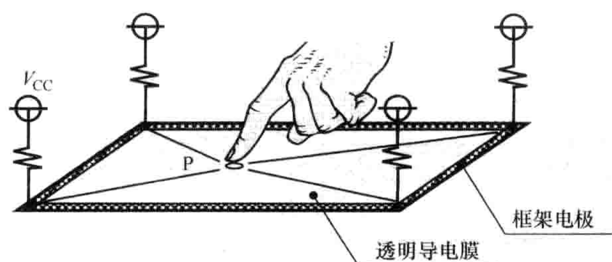


图 2-15　表面电容式触摸屏的坐标检测原理

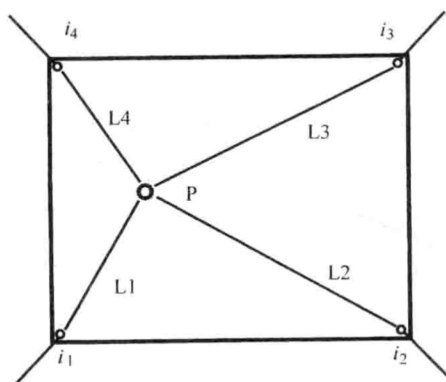


图 2-16　表面电容式触摸屏的坐标位置检测法的一个例子

$$X\text{坐标}=(i_1+i_4-i_2-i_3)/(i_1+i_2+i_3+i_4)$$

$$Y\text{坐标}=(i_1+i_2-i_3-i_4)/(i_1+i_2+i_3+i_4) \quad (2)$$

只不过，光是给四个角设置电压，中央部位就会成为凹面。为了补正弯曲、取到平等电场，在面板周边设置边框电极。各公司正在开发各种各样的网点（见图 2-17）。

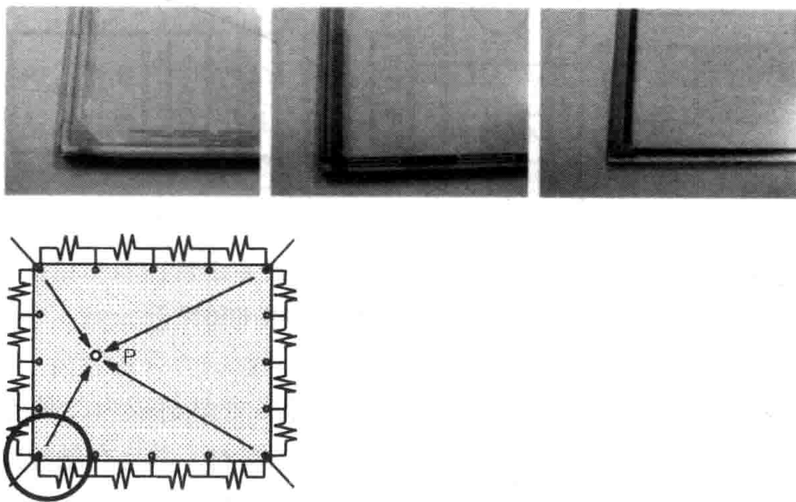


图 2-17 表面电容式触摸屏的平等电场做成法

为了得到准确的位置精度，会进行位置补正处理。这是为了补正透明导电膜镀膜时膜的偏差导致的位置偏移，通过补正 9 个点到 25 个点的位置，线性偏差可以控制在 ±1% 以下。

内部电容式触摸屏

表面电容式触摸屏有高精度、高耐久、高感度的 3 大优点。特别是在被很多人操作的售票机终端的触摸屏上，因为其本身优秀的耐久性而被广泛利用。但比较遗憾的是它也有如下缺点，故只能在限定的场所使用。

（1）面板如上述一样，几乎是利用一张玻璃形成的，用于中小型的薄触摸屏，其玻璃基板很容易破碎。

（2）为了提高光学特性而贴防眩光膜或偏光片等比较厚的膜，电容变化少，会导致无法检测。

（3）表面电容式触摸屏需要单独的电路，整个单元来讲，非常昂贵。

内部电容式触摸屏在充分利用表面电容式的3大优势的基础上，解决了这些问题，是表面电容式触摸屏的升级版。基本检测原理与通常的表面电容式完全一样。只是在检测电路或数据处理方面下了很多工夫，连很微小的电容的变化也可以很稳定地检测出来（如图2-18所示）。

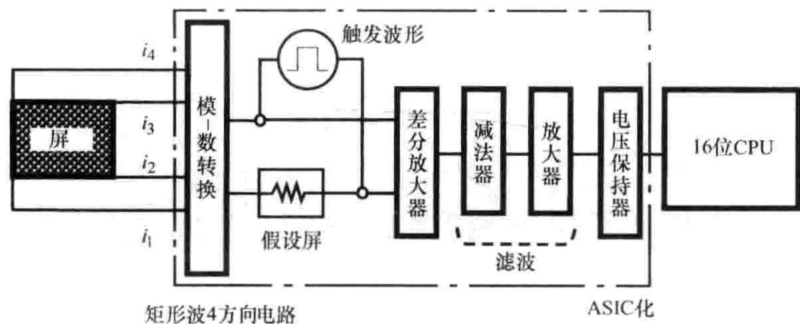


图2-18　内部电容式触摸屏的电路结构的例子

基板材料选择的自由度更加广泛，能选择各种材料成为此种方式的优势。使用的材料不仅限于玻璃，也可使用薄膜、塑料。并且在触控侧是薄膜或塑料板或玻璃都没什么关系。透明导电膜可以在基板侧镀膜，也可以在触控侧镀膜。当然除了ITO以外的各种透明导电膜都可以使用（见图2-19）。透明导电膜在内部变薄，因此被称为“内部电容式”触摸屏。

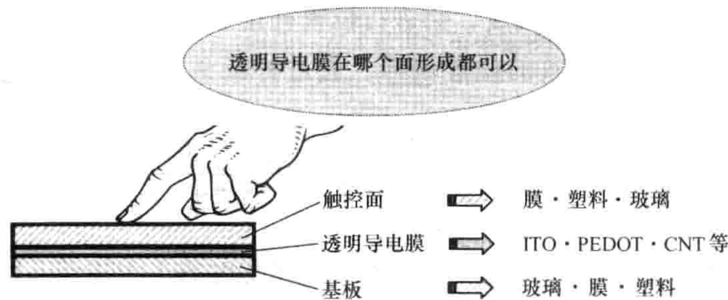


图2-19　内部电容式触摸屏结构例子

在触控面贴膜的话，可以防止轻薄玻璃面板破碎，可以一次解决上述(1)和(2)的缺点。内部电容式触摸屏为了满足各种结构，结构不同其性能也不同。以下所示的是，在0.125mm厚度的防眩光膜/1.1mm厚度的一般ITO玻璃上形成的低价配置的触摸屏的优势。

(1) 几乎没有内部反射，透过率非常高，几乎没有色变。

透过率（550nm） >92%

（通过低反射材料及界面的低反射处理，透过率可实现98%以上）

(2) 抑制眩晕，超低反射等光学设计较容易

结构上不会发生牛顿环。

（可充分发挥功能膜的性能）

(3) 因为没有可动部分，所以不会有 ITO 缺漏，耐久性比较高

敲键耐久性 >5000 万次。

（耐久性大到几乎能支持到膜内部的 ITO 破损为止，几乎具有永久的耐久性）

(4) 面板设计的自由度高

可制作高耐水性面板，对应电路单元边框窄。

并且，内部电容式触摸屏也可以对应一定程度的戴手套输入。可以对应使用手术手套或洁净间用的橡胶手套，也能稳定的对应棉手套的输入。已经通过各种信赖性的测试，比较适合于车载导航等设备上。

内部电容式触摸屏的面板内部是在五线式电阻式底部电极上加入保护层而已，是非常简单的结构。因不用做特殊的成膜工艺，所以可以很容易地利用制作电阻式触摸屏的设备进行生产，材料方面也不需要圆形隔垫物和高价的顶部电极，因此制作成本方面要低于通常的电阻式触摸屏面板。

投射电容式触摸屏

① 投射电容式触摸屏的一般结构和工作方法

近期被手机等产品中应用并备受关注的就是投射电容式的 TP。这种方式也从面板的结构或工作方法提出多种好的方案。一般可分为适合大型面板的金属传感器（Wire Sensor）方式和适合小型面板的 ITO 栅格（ITO Grid）方式。

金属传感器方式是，通过玻璃与玻璃或膜与膜之间的，具有直径为 10μm 左右的复杂导电金属布线，检测纵(X)横(Y)的信号（见图 2-20）。因为 20mm 厚的玻璃基板上也可实现检测，因此在室外（防爆）环境下也可以使用。也可以在设置于橱窗内的显示器中操作。在日本，一般用于房地产广告，与投影仪成套使用。

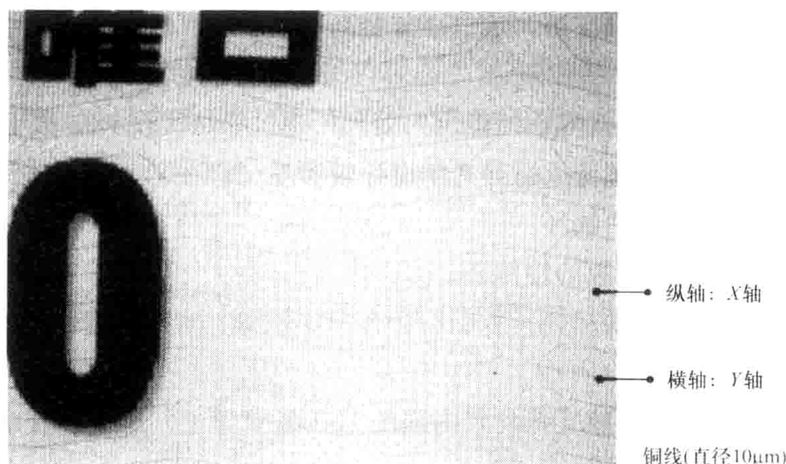


图 2-20　投射电容式（金属传感器）TP 的布线模式

投射电容式的另外一种方式是 ITO 栅格方式。技术本身是比较古老，从 20 多年前就开始有此技术了，因此相关专利已经失效。但因近期的非常小的用于静电触控的传感器 IC 芯片被低价供应，因此可以实现所谓的扫描和多点触控的手势动作，这一点受到消费者的喜爱。

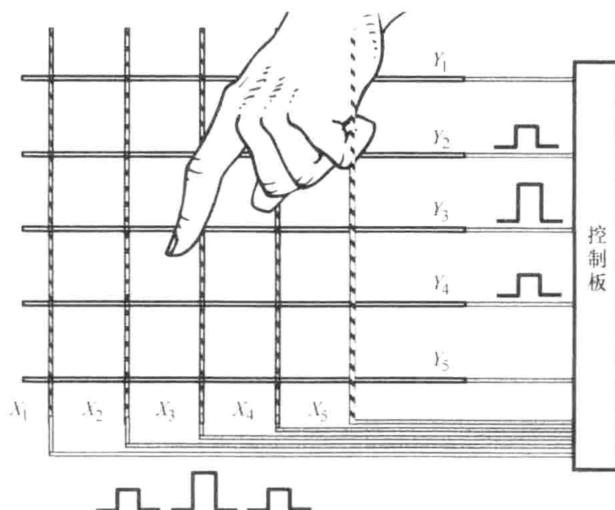


图 2-21　投射电容式触摸屏的输出检测原理

图 2-21 所示为输出的检测原理图。从原理上来看是与笔记本电脑的电容式触控板一样。使这样的触控板变透明的是 ITO 栅格投射电容式触摸屏。利用 $X-Y$ 电极检测手机接触时的因电容变化导致的电压变化，计算出手指

的位置。

图 2-22 所示为面板部分的透明导电膜图案（更详细的图见图 2-23）。通常是这种钻石的形状，但不一定非得是这种形状。可以是三角形、也可以是四边形。图 2-24 所示为其面板一般结构。

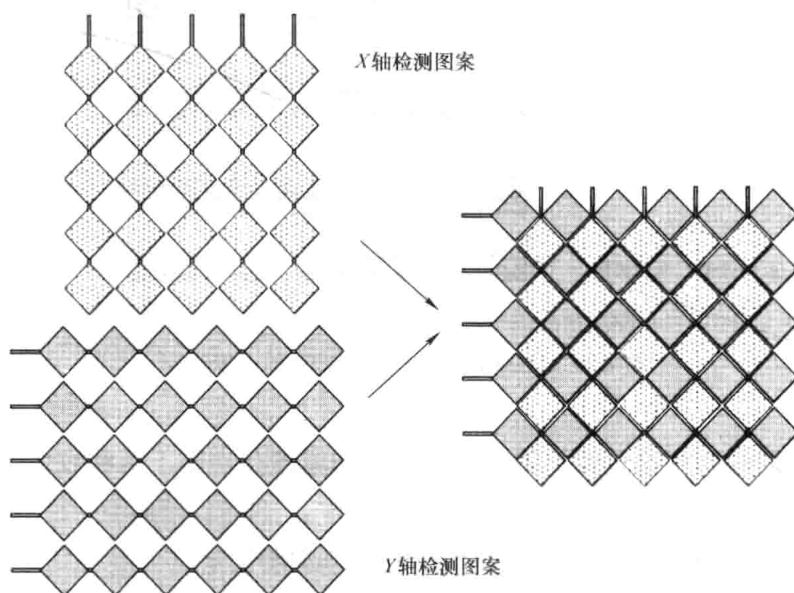


图 2-22　投射电容式触摸屏的透明导电膜图案

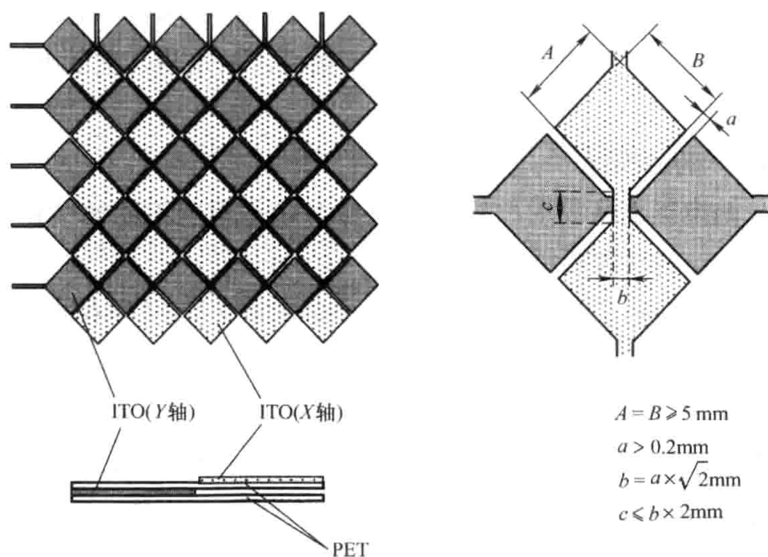


图 2-23　投射电容式触摸屏的透明导电膜图案

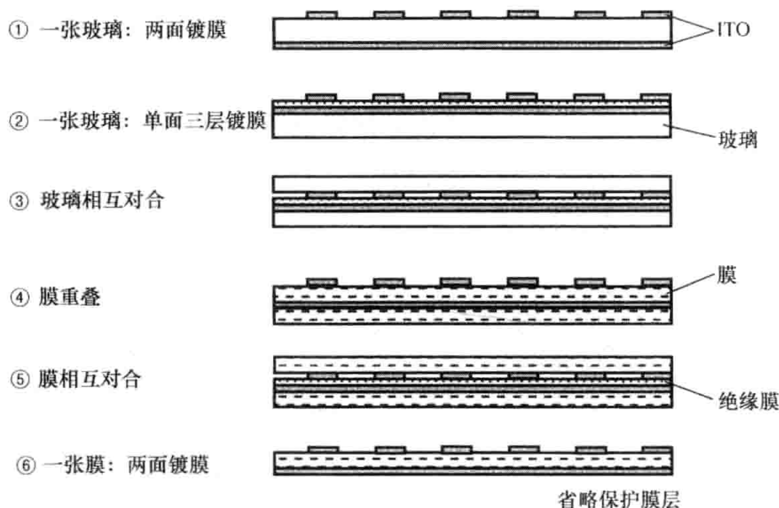


图 2-24　ITO 栅格投射电容式 TP 的一般结构

更详细的内容这里暂不赘述，但其工作原理存在以下两种方式。

(1) 自电容检测方法

· 利用一个感应器检测手指接触时的电容增加量。

· 多点触控时会发生串扰，因此很难显示绝对位置。

(2) 相互电容量检测法

· 利用发送接收信号的 2 个感应器来检测手指触控时接收信号侧的电容的减少程度，这种方法的方法更适于多点触控，但是相匹配的 IC 芯片不太多。

② iPhone 的触摸屏

iPhone 触摸屏也是投射电容式，但与上述是截然不同的结构。图 2-25 所示的是单元结构与镀膜结构。

可实现多点触控、支持手势动作的 iPhone 的上市是很有冲击性的，而系统的高级感，设计的美感也非常优秀。它为了在不降低显示器画质的条件下实现容易观看，在改善透过率方面下了很多工夫。光学连接也是其中之一。它最近在手机上已很常见，就是利用光学粘合剂把表面上的覆盖层的玻璃和触摸屏进行全面贴合，以此来尽量防止内部反射。

触摸屏在技术方面也做了很多的努力。在玻璃的表面或里面镀 ITO 薄膜，通过刻蚀工艺形成 $X-Y$ 交叉的栅格电极，但因为光透过率或检测灵敏

度的均一性等从而形成非常精细的图案。图 2-26 所示的是 iPhone 的透明电极图案。

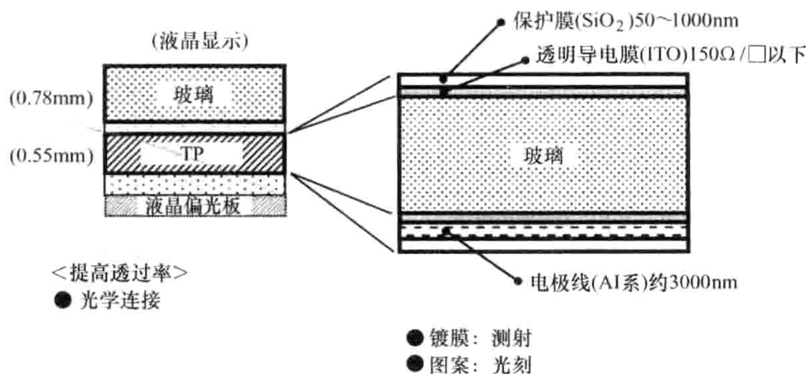


图 2-25 iPhone 触摸屏的单元结构和镀膜结构

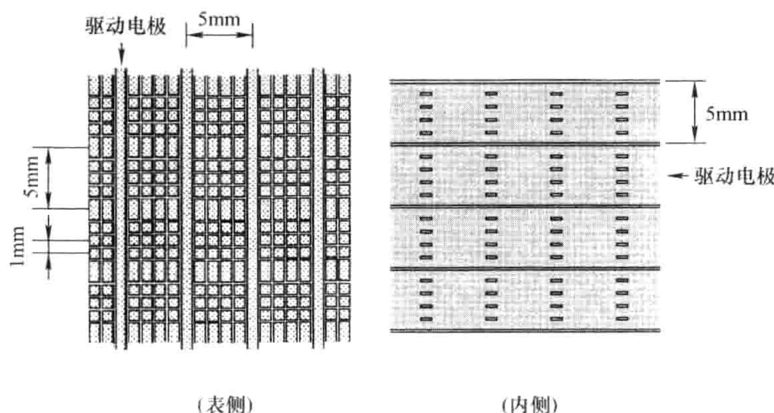


图 2-26 iPhone 触摸屏的透明导电膜图案

表面图案纵向有 1 mm 宽度的驱动电极，以 5 mm 的周期配置。在这之间形成的 1mm 的 ITO 间隙是冗余的 ITO。因光刻而各被刻掉 20μm 宽的 ITO。内侧驱动电极的纵向宽度是 1mm，相对的横向宽度是 5 mm。1 mm × 20μm 的线的部分的 ITO 也会被光刻刻掉。

表面和内测的图案重叠，就会形成漂亮的格子状（见图 2-27）。20μm 宽的玻璃部分的线用人眼是几乎看不到的。表面和内测的驱动电极宽度完全不同，因此从手指到电极即使有差异（0. 55mm 厚度的玻璃间隔），也尽量使各个电极的输出保持同等级。表面留冗余 ITO 的目的之一是提升内侧检

测的感度，还有一点是为了使栅格重叠所导致的透过率变得更均匀。顺便提一下，控制 iPhone TP 的 IC 是 32 位的，与通常用于电容触摸传感器 的 8 位 IC 芯片相比，可以提高处理速度，动作更加流畅。

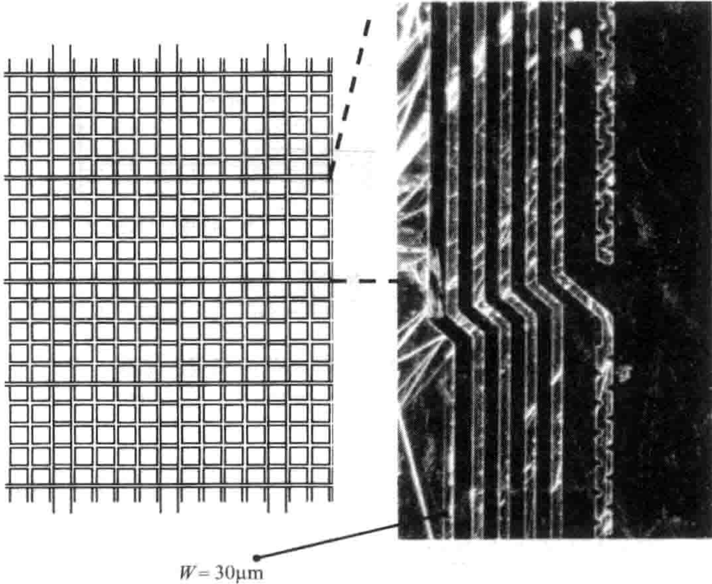


图 2-27　iPhone 的透明导电膜透过布线图案与引出的电极线的刻蚀图案

第 3 章
各种类型的触摸屏

1 光学式触摸屏

现如今，电阻式触摸屏采用的特别多，但是最早期的触摸屏是光学式的。当时美国为了军事目的而进行此项开发，几乎与20世纪70年代开发的LED的同时出现在市场上。光学式触摸屏因红外线的直线前进性，因此更适用于大尺寸触摸屏。它可分为红外扫描式和反向反射式两种类型。

红外扫描式触摸屏

红外扫描式触摸屏是指，用手指等遮挡横、纵（*X*、*Y*）矩阵状上的红外光束，用这种遮光的方式检测位置，也被称为“红外阻断检测方式”。其中横、纵方向有一发光单元，另一个是接收光的单元（如图3-1所示）。发光单元是在LED上设置棱镜来集中光轴的。受光单元是把光敏二极管和晶体管（增幅电路）组合而成的光敏晶体管。LED点亮后，对面的光敏晶体管会导通，但有手指等遮盖的话就会处于关断的状态。就是从这个开/关中检测所触控的位置。

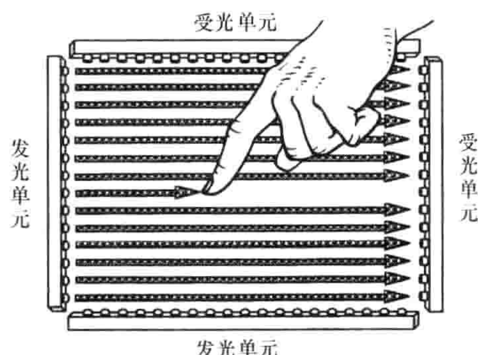


图3-1　红外扫描式触摸屏的坐标检测原理

红外扫描方式的分析能力是以光敏晶体管的间隔为基准，但因为已经开发出检测能力提升至2倍/4倍，因此可以很顺畅的追踪手指的移动，拖动性能得到了提升，减少原来那种不协调的感觉。基本上用可见光可以检测到，但考虑到信赖性，选用红外线。

更详细的内容这里不再赘述，一种红外扫描式触摸屏的新技术——

DWT（Digital Waveguide Touch，电子波导触控）也已被开发出来，并开始用于小型机（见图 3-2）。

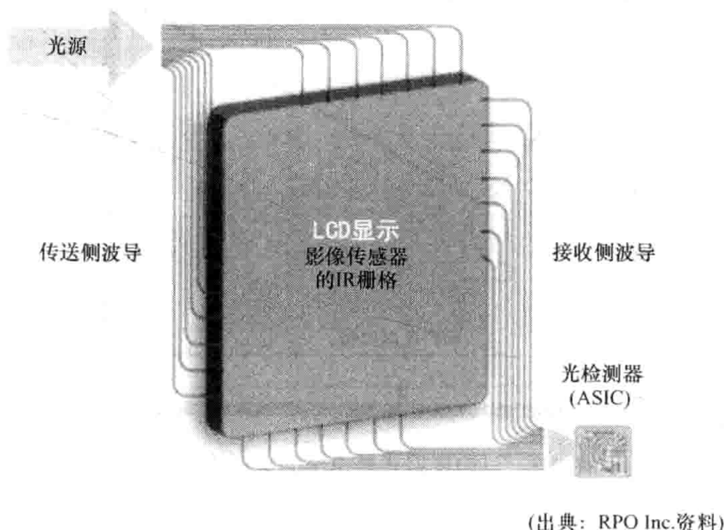


图 3-2　电子波导红外扫描式触摸屏的概念图

再归反射（retroreflective）式

再归反射式又被称之为红外线图像传感器式、红外摄像式等。常规的方式是，在边角区域各配置 1 台（共 2 台）红外发光单元和红外光接收单元为一体的传感单元，在其他 3 个边上贴上胶带（见图 3-3）。反射胶带具有光与入射角向同一方向反射回来的反射现象。其基本原理是，手指等遮住了发光单元的红外线就会被作为影子而被影像传感器所检测出来，然后再按照三角测试方式求 $X-Y$ 的坐标。从尺寸方面来看，作为触摸屏可检测的最大尺寸是 250in，并且它是可实现多点触控的。

但适用于国内的 ATM 等的光学式触摸屏大多都是红外扫描方式。红外扫描方式的检测就算是 1 个 LED 或者 1 个光敏晶体管坏了，也可以检测到触控点，其可信赖性非常高。在这一点上，再归反射式要落后一步，因此再归反射式触摸屏没有在 ATM 机上使用。

光学式触摸屏，实际触控部分的画面与检测位置的感应器两者是独立的，因此触控本身对寿命几乎没有什么影响。而且画面上因为没有检测单

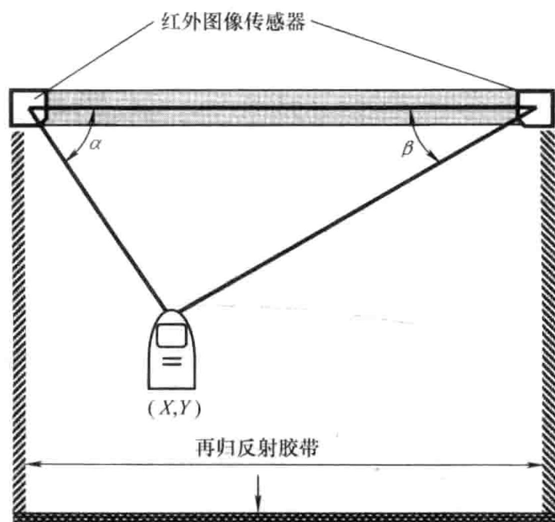


图 3-3　再归反射式触摸屏的坐标检测法

位，可以满足 100% 透过率（实际上为了保护触控面，也会在液晶显示器上贴一层保护膜，所以透过率不能达到 100%）。但光学式触摸屏，从理论上无法从根本上避免由于昆虫、垃圾或袖子等因素阻断红外线而产生的误操作。现实中现在还存在强烈的日光下错误反应的危险性。

2 超声波式触摸屏

表面弹性波式触摸屏

表面弹性波式触摸屏的结构是在透明玻璃的边角部分分别安装了 X，Y 的发光单元和接受光单元，在 4 个边上形成反射阵列。通常 X，Y 的发光单元在对角的位置。反射阵列安装在倾斜 45°的角度上。图 3-4 所示的反射阵列的间距比较均等，但实际情况下，反射阵列的间距是按一定规律变化的，这样做是为了减少信号的衰减。向发射器（输入信号的传感器）输入短时间的脉冲信号，使在玻璃的边方向产生超声波（表面弹性波），通过反射阵列依次往玻璃表面方向反射，且利用相对方向的反射阵列使其反射到另一边，利用接收器（接收用传感器）接收并且转换成电信号。因为发生触摸

的电信号的波形会有所衰减，通过衰减的时间，检测出触控的位置。

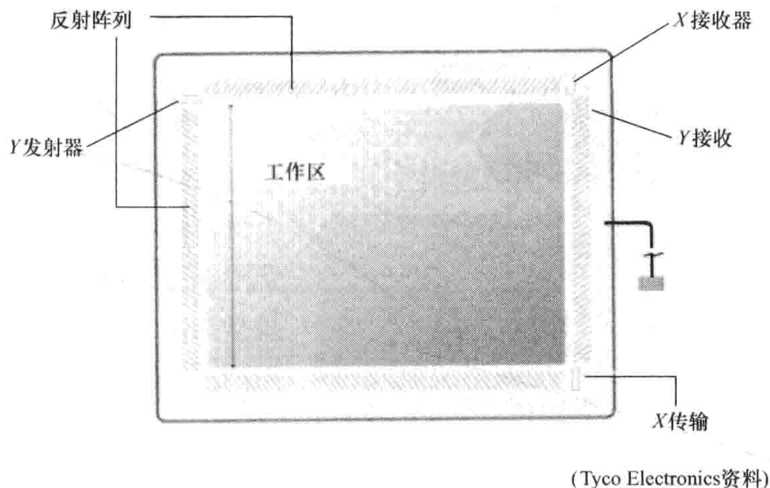


图 3-4　表面弹性波式触摸屏的检测概念图

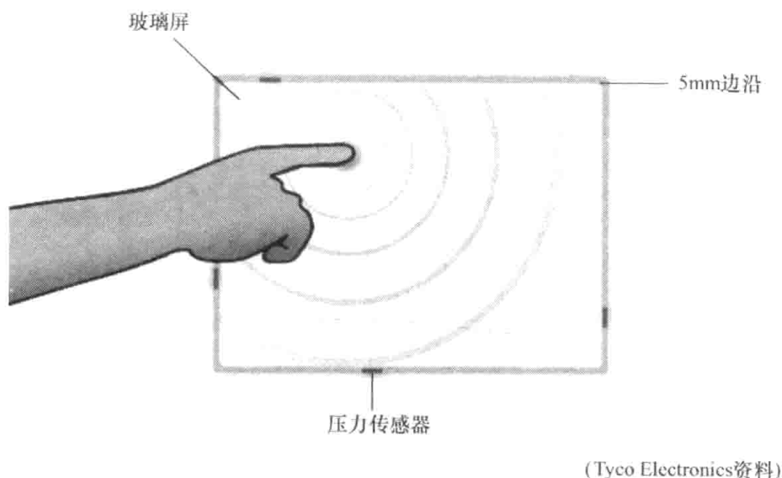
弯曲波式触摸屏

相对于表面弹性波式触摸屏根据触摸，检测其吸收程度的方式，弯曲波式触摸屏则是检测触摸面板时所发生的振动或者是拖动操作时候产生的摩擦振动。声波是纵波和横波混为一体传播的，故看似整个面板都在振动的一种波，可以实现长距离传播。弯曲波在玻璃中传播的时间与其距离成正比。触控时的振动波以触控为中心的同心圆向外扩展。利用触摸的振动到达时间不同这一特点，可以检验出振动发生的触控的位置。压力传感器接收各个触控位置的振动，通过转换器把脉冲信号转变成电子信号数据。

根据厂商来分的话，可以分为声音脉冲识别（Acoustic Pulse Recognition，APR）式（见图 3-5）和振动检测（Dispersive Signal Technology，DST）式（见图 3-6）。两种方式都是利用弯曲波，但检测原理不同。

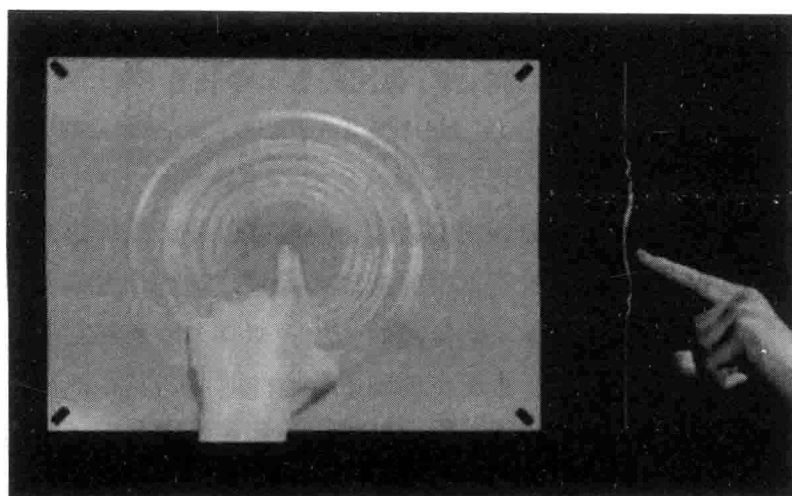
APR 式是把压力传感器不均匀地配置在外部，使弯曲波的到达时间有差异。但根据振动频率，传播速度会有所不同，因此无法准确地选定位置，于是要用预先准备好对应触控位置的参考波形，与实际的波形进行比较来检测准确的位置。

DST 式也是利用了振动到达时间的不同。检测的原理与 GPS 的原理一



(Tyco Electronics资料)

图 3-5　APR 式触摸屏的检测概念图



(出典：3M Touch Systems资料)

图 3-6　DST 式触摸屏的检测概念图

样，都是利用三角检测的方式。这种方式会把玻璃的固有振动，指定由于触控所产生的频率，此外的一律视为噪声，所以可以取消触控以外的错误录入。弯曲波是在玻璃等内部传播的，所以与表面弹性波式不同，极少受刮伤以及异物等影响。但是由于物体落下而导致的错误输入问题或软件、触控板、拖动操作性能上还有残留问题亟待解决。且正因其检测方式的特点，这个方式不太适用于小型机器。

3 电磁诱导式触摸屏

电磁诱导相比一般意义上的触摸屏，更接近于数字转换器的人机界面（MMI）。它是利用了铺满侧面板的几个传感线圈与专用笔的电磁诱导的一种方式。虽然在日本国内很少适用，但在欧美地区其适用范围已经扩大至平板电脑。笔里不需电池的无电池“EMR（Electro Magnetic Resonance，电子磁共振）作用方式”成为主流，这不是单从笔的内部输出电磁波，而是笔和感应线圈内通过接收电磁能量来检测其位置。以下是有关 EMR 作用方式的说明（见图 3-7）。

① 给面板的感应线圈群通短时间的电流，使感应面上产生电磁场。

② 笔接近传感器时，笔内部的线圈会产生感应电流，给笔的电容器充电。

③ 笔的电容器放电时，笔这一侧的线圈会产生磁场。

④ 把感应线圈设计成传感模式，笔附近的感应器则会产生感应电流。

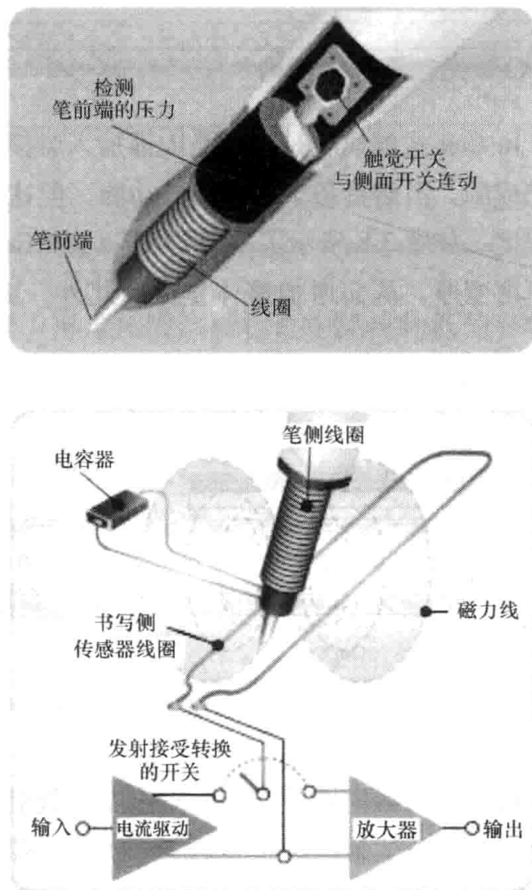


图 3-7 电磁诱导式触摸屏检测原理图

⑤ 从产生感应电流的感应线圈的输出分布计算出其坐标位置。

EMR 作用方式因能接受电磁能源，所以能够使用的液晶显示器件是有限的。低温多晶硅（LTPS）薄膜液晶显示器，驱动用的 TAB · IC 设在面板周围，是类似于袋鼠口袋一样的结构，传感单元容易安装。在 15in 产品上

精度是 ±0.5 左右。另外笔有橡皮擦功能，笔压分辨率可达 8bit，可以说在现在的触摸屏中，最能识别信号的莫过于此了。

4 In Cell 式触摸屏的结构与工作原理

In Cell 式触摸屏的结构

In Cell 式触摸屏是在液晶内部加入触摸屏功能，是加到液晶制作工艺中而完成的。虽然具备了触摸屏的功能，但这还不是触摸屏厂商可以说长道短的程度。如图 3-8 所示，一般的 TP（Out Cell）是放在液晶面板上的，因此总厚度变厚，从而增加整体重量。此外，更为重要的是影响显示的光学性能。

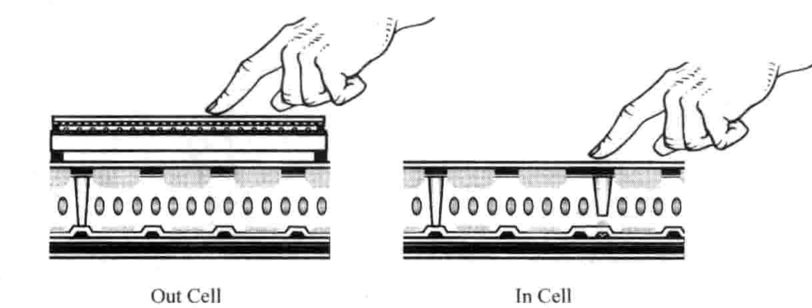


图 3-8　Out Cell（电阻式 TP）和 In Cell TP 的比较

In Cell 式触摸屏可以解决对比度降低引起的晦黯感和高分辨率的眩晕等不良。In Cell 式触摸屏也按检测技术的不同分为“电阻式”、“电容式”、“光学式”三大类。表 3-1 是各方式的比较。

表 3-1　In Cell TP 的比较

方式	电阻式	电容式（2）	电容式（3）	光学式
原理	利用压力，在像素部形成的 TFT 陈列基板上进行触控的方式来输入	根据压力检测液晶分子的电容变化	检测手指触控造成的电容的变化	在像素内形成的光敏二极管中检测外光或背光源发出的光

（续）

方式	电阻式	电容式（2）	电容式（3）	光学式
输入感度	X	X	O	O
表面的影响	X	X	X	O
周边光的影响	O	O	O	X
周边温度影响	O	X	O	O
寿命	X	O	O	O
多点触控	O	O	O	O

注：X 表示比其他 In Cell 式差

电阻式 In Cell

电阻式 In Cell 是在各个像素上形成比液晶面板盒中隔垫物低的导电性隔垫物，通过此导电性隔垫物和 TFT 基板上的隔垫物实现开关功能，实现受到压力时发生接触来进行输入的。在 B 像素中形成传感器，以此尽量降低对显示性能的影响（见图 3-9）。但在此方式中，隔垫物密度对显示性能有些影响，并且触控的输入必须需要一定的压力。此外，还有隔垫物强度和 ITO 脱落等问题有待解决。

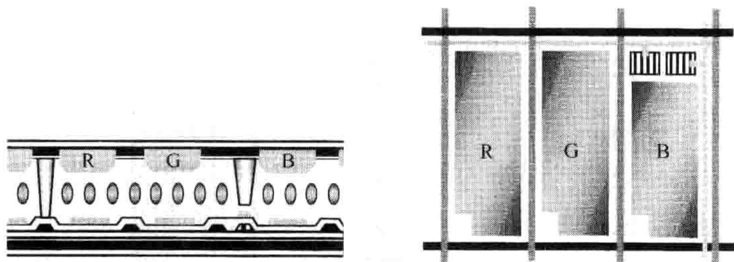


图 3-9　电阻式 In Cell TP 的结构

电容式 In Cell

虽然目前已经提出很多方案实现电容式 In Cell 触摸屏，但还未能实用化。详细的结构在此就不再细说了，但被熟知的有以下三种。

- 电容式 1

与电阻式一样，设置隔垫物，在触控时检测盒厚电容的变化。这也跟电阻式触摸屏一样，触控时需要一定的压力。

- 电容式 2

检测压力导致的液晶分子电容变化的方式。利用 LTPS TFT 技术实现了高精细，但也会使液晶分子的取向发生变化，从而使显示发生异常。

- 电容式 3

是在利用了 Field Sequential 技术的液晶显示器中内置 TP 的一种方式，没有什么太大的问题，但有少许的色彩分离（Color Break）现象。

光学式 In Cell

利用光学式的工艺在每个像素中形成光敏二极管，用光的反射或影子识别手指或笔来检测触控位置。图 3-10 所示为光学式 In Cell 式触摸屏。虽然具备了扫描的功能，但如果周边的红外线光比较强的话就很难输入。虽然各大公司也在开发各种方式，但用在笔记本电脑的触控板部分的是唯一的上市品（见图 3-11）。具备了可实现多点触控的鼠标功能，还加入了与面板配套的有趣的应用。

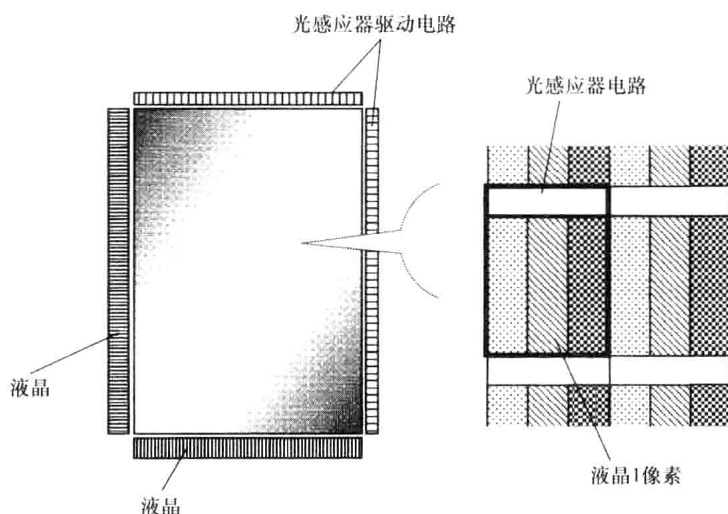


图 3-10　光学式 In Cell TP 液晶的结构



图 3-11　光学式 In Cell TP 应用实例

5 Fusion 式触摸屏

将现在为止所介绍过的触摸屏的类型融合起来的方式就称为 Fusion。不仅只是把各种方式集成在一起使其提升功能，而是因这种集成的技术，诞生了另一种新的触摸屏类型。

Layered 触摸屏

把光学式（红外扫描式）触摸屏重叠放置在电阻式（有些是电容式）触摸屏的上方，使其实现 2 个阶段的用户界面。例如，手指触控时检测手指周边键盘的信息并放大（光学式），甚至通过手指触摸（电阻式或电容式）来实现功能如图 3-12 所示。

Dual Sensor 触摸屏

Dual Sensor 触摸屏是液晶在中间夹层，具有 EMR 作用方式的板在底部，电阻式（或电容式）TP 在顶部的结构。这样一来，电子笔的输入和手录入两种输入方式都可实现。它设有手掌识别功能，即使手掌触摸在面板上的状态下也可以用笔来输入（见图 3-13）。这种配置的应用在平板电脑上已经有

实际成果。

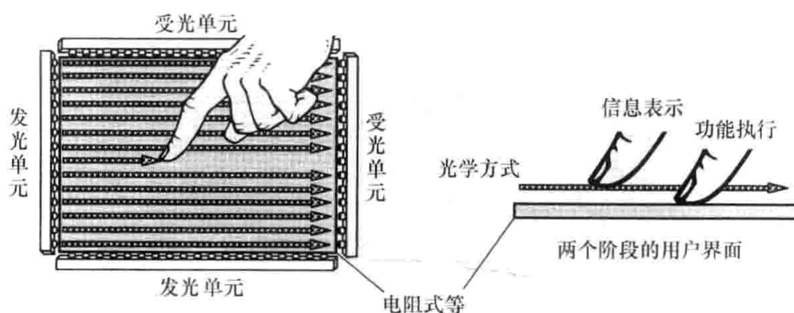


图 3-12　Layered 触摸屏

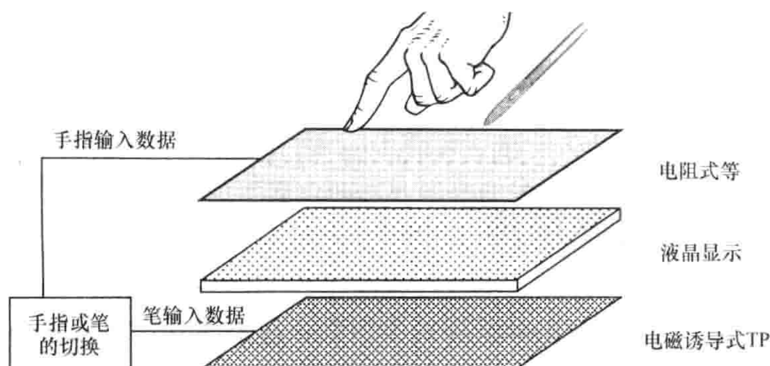


图 3-13　Dual Sensor 触摸屏

Dual Mode 触摸屏

在一张透明的触摸屏上将电磁感应和电容式的功能组合在一起的方式，也像 Dual Sensor 那样可实现笔录入和手录入。其特点是无需选择匹配的液晶，可以在一张触摸屏进行检测。但在面板的制作过程中，必须重叠多层薄膜，因此会降低透过率；同时为了电磁感应式的检测，必须在面板周围添加多个部件等，该方式也有负面的因素存在（见图 3-14）。

6 触摸屏的未来趋势

表 3-2 是按照降低成本的方式整理了各式触摸屏，比较了各种方式优缺

点，个别数据因各厂商的测试方法的不同而不同，在此就不细说，但各个厂商都在不断地努力改善各种显示方式的缺点，现在的触摸屏技术与开发初期相比已经大大改善，以至于让人怀疑是出现了新的触摸方式。

在以往的触摸屏市场，四线式因其本身在成本上的优势是一直引领市场的。但从最近触摸屏的要求来看，比如手机等的电容式触摸屏以现有技术的延伸技术是无法满足其性能的要求，因此需要更高的技术来支持。以下简单整理了最近对触摸屏的要求指标。

① 超高透过率（>98%）

除了提升显示器的画面品质，液晶显示器的背光源从 CCFL（Cold Cathode Fluorescent Lamp，冷阴极萤光灯管）转变为 LED（Light Emitting Diode，发光二极管），在低功耗化这方面透过率也有一定贡献。

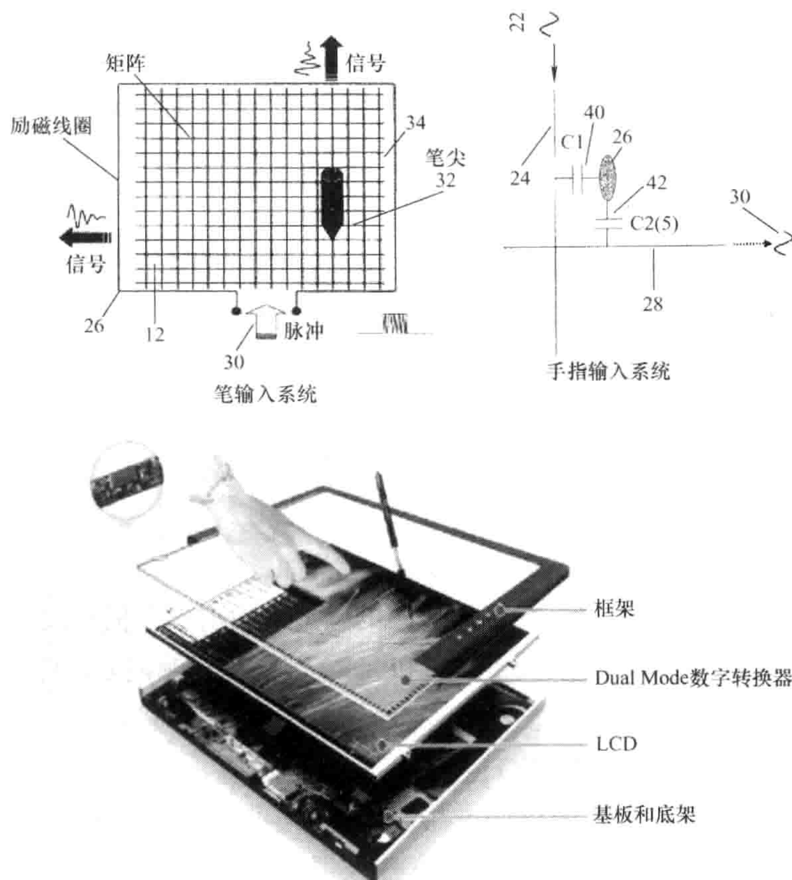


图 3-14　Dual Mode 触摸屏

此外，电子书等终端显示器也要求超高透过率。光学功能膜的使用、低反射玻璃、显示器的光学连接将是今后改善的方向。

表 3-2　各种触摸屏优缺点

	尺寸	耐久性	精度	光学特性	输入模式	多点输入
电阻式（Analog）	★★	★	★★★	★★	★★★★★	★★
电容式（表面型）	★★★★	★★★★★	★★★	★★★★	★★★	★
电容式（投射型：Grid）	★	★★★★★	★★★★	★★★★	★★★	★★★★★
光学式（红外扫描）	★★★★★	★★★	★★★★★	★★★★★	★★	★★★★
超声波（表面弹性波）	★★★	★★★★★	★★★★	★★★	★★★	★

② 平坦化

手机业界已经利用印刷装饰品把触摸屏边电路的部分遮盖住，实现了触摸屏与外框的表面平坦一体化设计，“Touch Window”平板式或“Touch Lens”（俗称纯平触摸屏或镜面式触摸屏）等词普遍化起来。中大型触摸屏中也迎来了此潮流，市场上已推出了 15in 的利用弯曲波式触摸屏的“声音脉冲识别（APR）触摸技术”的外观纯平触控显示器。

③ hole space 触摸屏

在一种触摸屏中穿孔的设计独具匠心。例如，随着汽车导航器等设计向全平面（full flat）化发展，有要把音频的输入、输出端子插孔设在触摸的有效区。如图 3-15 所示，表面电容式和 lnner 型电容式触摸屏，打孔后也可以实现触控，如图 3-16 所示。

④ 柔性触摸屏（去 ITO 化）

使用印制工艺制造电子部件正在备受关注。电子纸用的柔性 TFT 阵列基板正在开发中。在这种趋势下，有关触摸屏不仅只开发曲面的面板，也有部分人正在开发柔性的触摸屏。

当 ITO 弯曲时表面会产生一些微小的裂痕，表面电阻变大，因此 ITO 无法

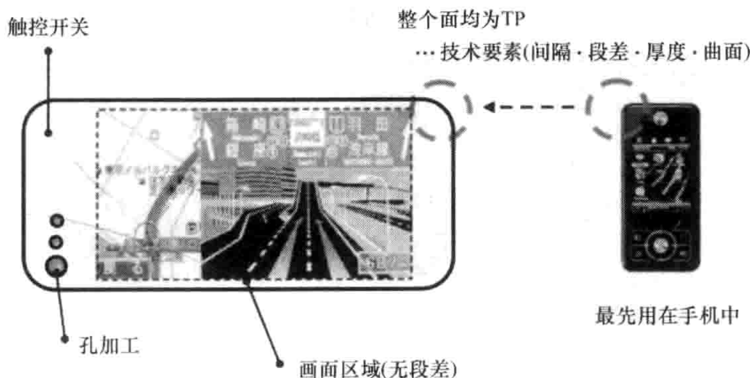


图 3-15　车载导航设计提升（Full Flat 化合加工孔）

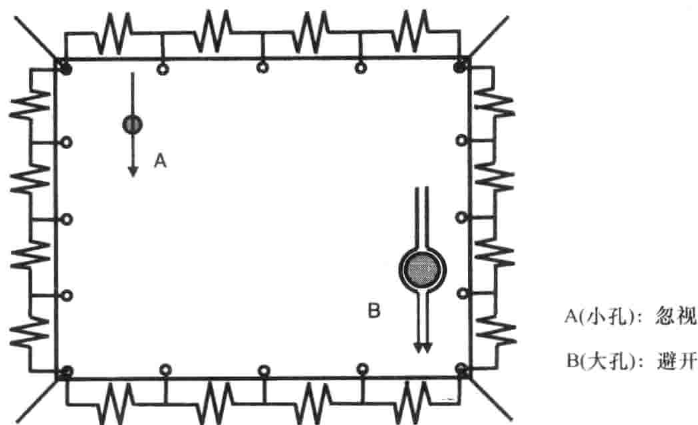


图 3-16　有孔的 TP 的可能性

用于柔性触摸屏面板上。现在的样品多半是以 PEDOT/PSS 材料、导电性聚合物或者碳纳米管(CNT)等这些弯曲时电阻值的变化量较少的导电性材料。

⑤ *Z* 方向输入（3D 触摸）

从功能上而言，这跟 layered 式触摸屏一样，是以两个阶段的用户界面为目标的。但不是利用两张触摸屏，而是要利用一张触摸屏，以投射电容式来进行的，目前（2009 年）正处在试作阶段。

⑥异面/双面（表里）触摸屏

触摸屏是用手或笔来输入的显示器件。手指可能会遮挡画面，或者由于指纹的影响而看不清画面。正在开发从背面触控方式的研究结果表明，背面触控比正面触控的输入速度更快。除了背面触控（见图 3-17），双面触摸屏

也正在研发中。用一张触摸屏完成双面触摸操作非常具有吸引力。

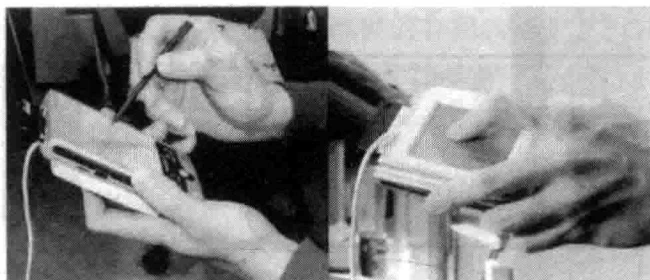


图 3-17　双面触控的样品（Hybrid Touch）

如图 3-18 所示，现在的触摸屏多数用在以手机为首的游戏机、DSC/DVC（Digital Still Camera/ Digital Video Camera，数码相机/数码摄相机）等较小型的领域，以后会适用于多大尺寸的产品呢？这也是业界比较感兴趣的话题。比较重视耐噪声性的白色家电（冰箱、洗衣机等）或要求超低功耗的电子书终端等，已被纳入考虑的目标。

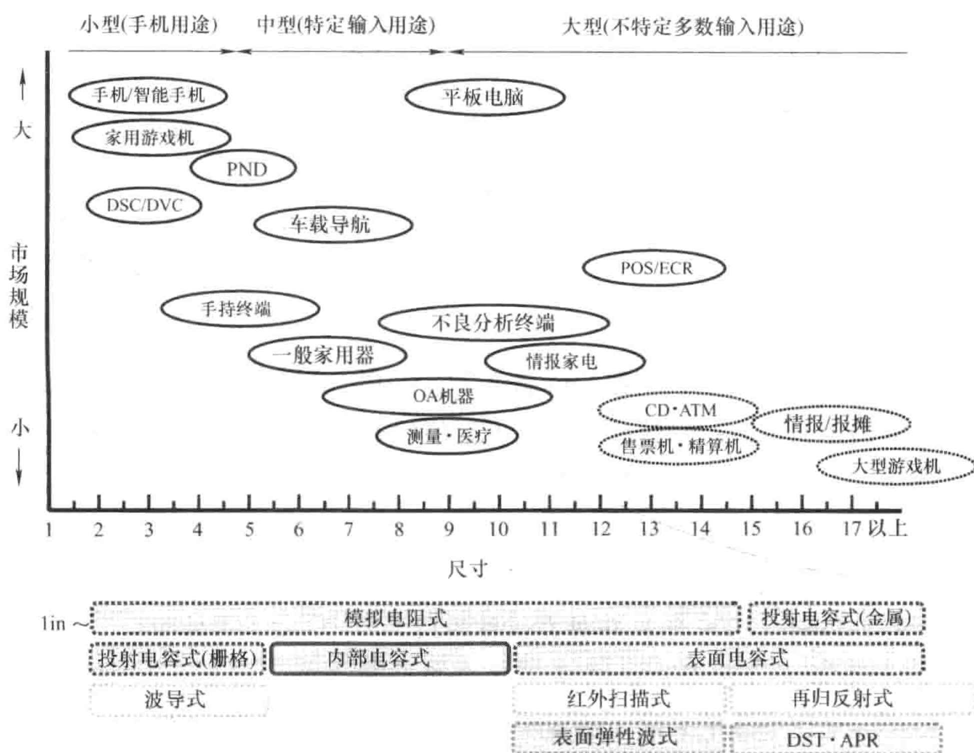


图 3-18　各个尺寸的市场与其相应的触摸屏

的确，随着所谓的小型、多点触控的投射电容式触摸屏的发展，触摸屏在手机中的应用变得非常广泛。

但是，今后的发展不只是要看如何去占领触摸屏的市场，如何合并市场，重要的是看人们如何创造新的市场。只有这样，以后触摸屏市场才有可能更加繁荣。以新技术创造、开拓出新市场，将来更加需要关注触摸屏技术的发展。

第 4 章

业界趋势和对性能的需求

1 业界结构

业界构成图

图 4-1 所示为触摸屏业界的构成图，并列表示了上游的原材料与部件以及下游的产品。触摸屏有几种实现方式，根据实现的方式使用不同部件和原材料，生产不同的产品。将这些内容概括起来用一张图说明。此外，日本厂商与其他厂商分别用不同的颜色进行区分。

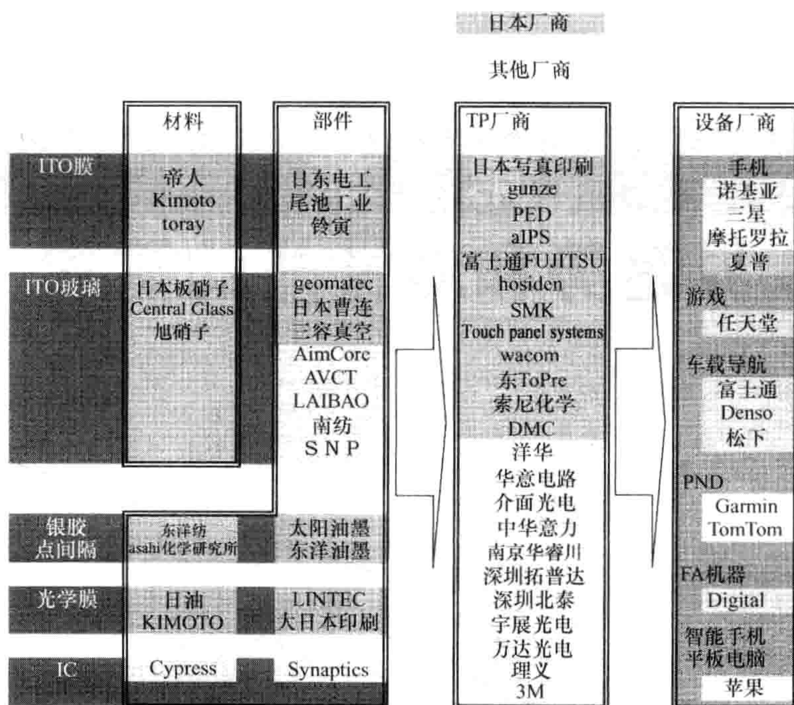


图 4-1　业界构成图

首先，触摸屏厂商很多，而且根据采用不同实现方式，厂商也不相同。最近，量产电阻式触摸屏和电容式触摸屏的厂商日渐增多。有些产品不在本厂进行生产，而是外包到 OEM 厂商进行生产，现在具备生产多种方式的触摸屏的厂家日渐增多，这是由于采用不同的方式触摸屏生产同一种产品的增加了，尤其触摸屏手机，采用电阻式与电容式（投影式）两种方式生产更

多的触摸屏手机。

触摸屏与液晶显示一样，同样离不开玻璃基板和有机薄膜材料基板。这些原材料（玻璃基板，PET 薄膜材料）几乎被日本厂商独家占有。触摸屏厂商在这些原材料上通过镀膜工艺镀上透明导电膜（主要是 ITO 膜），用作基板。近几年打破了日本对这种 ITO 基板和 ITO 有机薄膜基板的垄断，2005 年前后韩国、中国厂商量产的 ITO 玻璃的供给日渐增多；2008 年起，中国和韩国的厂商也开始供给 ITO 有机薄膜基板。

用于电阻式触摸屏的银胶、隔垫物等材料，至今还被日本厂商垄断。另外，在 PET，TAC 上进行表面处理加工的防眩晕和防反射的薄膜等光学膜，以及高硬度、防污、抗菌、低摩擦系数等高性能表面膜主要在日本厂商生产。

如上所述，用于触摸屏的上游材料与液晶显示一样是以日本厂商为中心的，韩国、中国厂商生产部件材料的比例也是急速增加。对于电容式触摸 IC 尤其重要，被拥有相关技术的 2 家公司作主导。

触摸屏的最具代表性的用途是用在手机，汽车导航器，图 4-2 和图 4-3

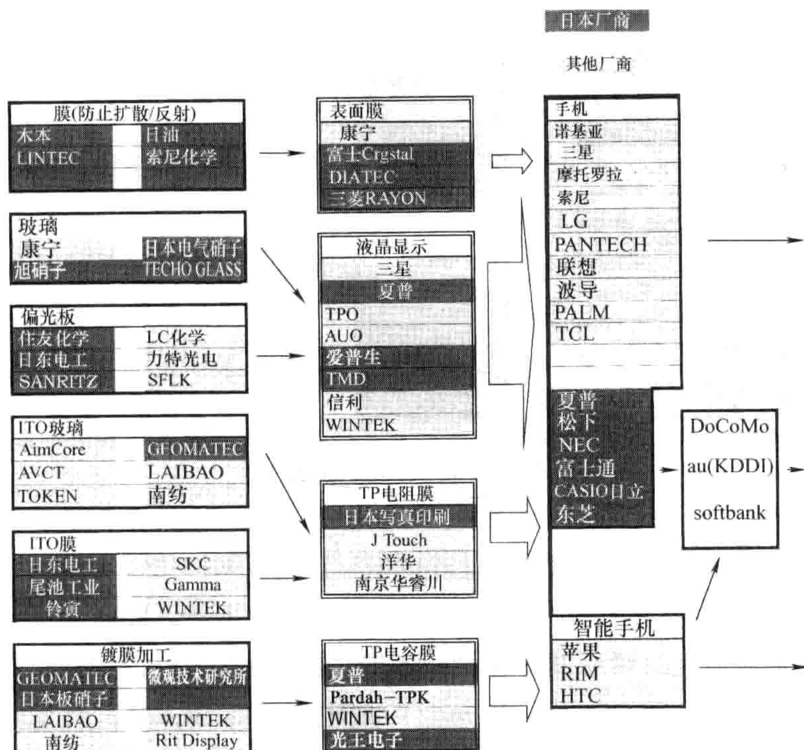


图 4-2　手机（含智能手机）显示业界构成

分别所示为这两个领域的市场。如上所述，主要是以电阻式触摸屏与电容式触摸屏为主。生产电阻式触摸屏的大厂商 NISSHA PRINTING 也致力于电容式触摸屏研发。电容式触摸屏主要是由镀膜厂商进行到接近于完成品的阶段，再由液晶屏生产厂商在其上覆盖有树脂或者玻璃保护基板再进行一系列加工后完成。

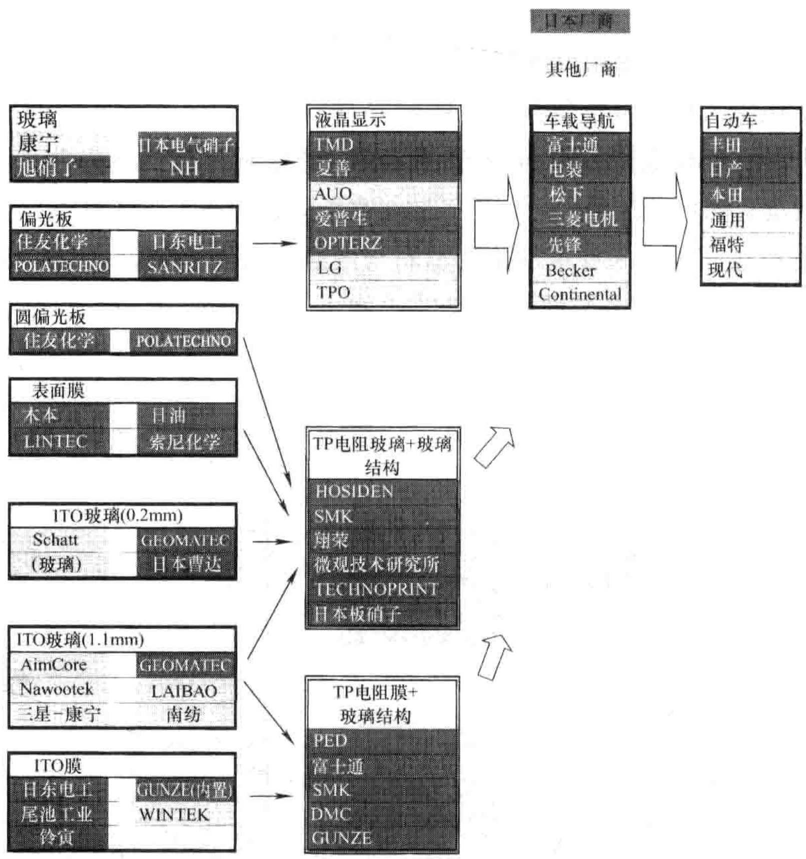


图 4-3　车载导航显示业界构成

考虑到产品的外观，薄型设计等因素，使用玻璃的比较多。但是从防止玻璃散射这一角度来看，贴附光学薄膜也是很有必要的。此外，使用玻璃可以形成深度强化层，增强其实用性，备受关注。康宁公司的大金刚（Gorilla）玻璃，其强化层可以达到 40μm（一般玻璃只有 10μm），因集成在苹果公司生产的 iPhone 上而备受关注。就树脂而言，一般使用丙烯或者是聚碳酸酯。但是丙烯易碎，聚碳酸酯表面柔软易受损伤。软丙烯居于两者之间，

可以克服这些缺点。

车载导航的触摸屏集成率根据地区而有所不同，2009 年在全球范围内有 50% ~60% 左右汽车导航器使用的是电阻式触摸屏。车载导航一般有随车自带的嵌入型，也有用户自己在市场中单买的通用型，还有在购车时作为可选配件的配套型。根据种类的不同，其要求的可靠性标准也有所不同。即使是同样的电阻式触摸屏，其主要结构也有所不同。可靠性要求最严格的嵌入型，使用玻璃/玻璃结构。相比之下水平较低的通用型，使用的是有机薄膜/玻璃结构，配套型介于两者之间。

不同结构的触摸屏，其生产厂商也有所不同。就原材料而言，玻璃/玻璃结构的上基板主要使用厚度为 0.2mm 或者 0.3mm 的薄玻璃。特别是 0.2mm，其玻璃材料和 ITO 镀膜的厂商都是有限的。另外，在触摸屏的表面也必须贴合具有防散射和防反射的薄膜。嵌入型对这一点的要求也很高，所以多使用圆偏光片或偏光片实现上述目的。所使用偏光片材料与液晶显示一样，是不含碘的染料型偏光片，这种偏光片技术被日本厂商垄断。

对整机厂商的供给情况（物流、商流），手机与车载导航也有一些不同。手机是液晶厂商购买触摸屏，进行一体化生产，再将其转给整机厂商。一体化的生产是为了防止由于液晶显示与触摸屏、触摸屏与玻璃保护层间的间隙而导致透过率下降，用光学黏合剂进行光学连接一体化。对于触摸面板厂商，客户变成液晶厂商的情况日趋增多。另外，也有触摸屏厂商进行光学连接一体化的情况。对于车载导航，向汽车厂商提供导航系统的车载导航生产厂商依然在分别购买液晶显示与触摸屏后自行组装。今后这种商业模式会怎么变化，除了车载导航，其他产品的发展趋势也值得关注。

日本以外厂商的上升

表 4-1 是触摸屏厂商供应量分布的变化图，从 2001 年与 2008 年供应量的分布图来看，2001 年日本触摸屏供应量占主导地位，但到了 2008 年，虽然日本照片印刷公司的供应量仍然是第一位，但是第二位以下的供应量被中国台湾地区以及中国大陆的厂商所占有。跟液晶显示一样，触摸屏生产厂商逐渐从日本转移到了亚洲的其他地区。造成这一局面主要有以下原因：生产触摸屏的投资额较少，涉入这一领域比较容易；与液晶显示相比，还没有完全实现自动化，半自动操作的设备比较多；转移地区的劳动力比较低廉。另

外，2001 年前六名供应商占据市场总份额达到 87%，到了 2008 年仅占到市场的份额不足 50%，前 9 位供应商总的市场份额也仅有 60%，这都表明，生产触摸屏的厂商日渐增多。

表 4-1　日本以外供应商分布

	2001 年		2008 年	
1	日本照片印刷	28%	日本照片印刷	11%
2	松下电子部品	24%	洋华	10%
3	Gunze Limited	19%	ECW-EELY	10%
4	SMK	6%	信利	9%
5	富士通	6%	介面光电	5%
6	DMC	5%	南京华睿川	4%
7	其他	13%	Swenc	4%
8			TPK-Balda	3%
9			深圳拓普达	3%
10			其他	40%

对于主要原材料 ITO 玻璃基板和 ITO 薄膜基板，日本厂商领先时间比较长。随着生产触摸屏的厂商日渐增多，很多原材料也渐渐地在日本以外的国家或地区开始量产。日本以外的国家或地区占有的 ITO 玻璃基板市场份额和日本曾经占有的 ITO 薄膜基板的市场份额几乎是一样的。从 2009 年起，在中国台湾地区、韩国量产的 ITO 薄膜日渐增多。但是，基板、银胶、圆形隔垫物等原材料主要供给厂商仍在日本，这与液晶显示行业情况很类似。表 4-2 说明的是中国大陆和台湾地区以及韩国的主要材料生产厂商。

表 4-2　日本以外厂商的领头者

	中国台湾	中国大陆	韩国
TP 制作	洋华 介面光电 ECW EELY e Tourbo Higgstec Liyetec WINTEK	华意电路 南京华睿川电子 深圳拓普达 深圳北泰 瑞阳光电 信利	DigitechSystems Hantouch

（续）

	中国台湾	中国大陆	韩国
ITO 玻璃	Aim Core AVCT WINTEK SNP	芜湖长信 深圳莱宝 南纺	NAWOOTECH 三星 SNP
ITO 膜	WINTEK e-fun Gamma		SKC Hansung Digitech NAWOOTECH

电容式触摸屏的延伸与业界现状

投影电容式触摸屏的商品化，赋予了以前触摸屏所没有的功能，提升了表现力，成为触摸屏延伸很大的一个原因。从而，也使业界情况发生了很大的变化。

电阻式触摸屏的情况与液晶显示有些相似。触摸屏厂商购买生产触摸屏的主要原材料上下基板，结合自身制造工艺完成触摸屏制作。首先在上下两个基板上完成各功能层制作，然后将上下两个基板相贴合，最后连接上 FPC（Flexible Printed Circait board，柔性印制电路板），就可以向整机厂商供货。有些触摸屏厂商直接把 IC 作为原材料来购买，但多数情况下由整机厂商直接购买。整个过程除了 IC 由哪一方购买外，其他的与液晶显示制造的过程一样。

相比之下，电容式触摸屏的情况有所不同，如图 4-4 所示。形成触摸屏的透明电极及金属电极是由专门的厂商完成镀膜等工艺图案化之后提供的，再将这种加工后的基板与 IC 连接，就可以实现触摸屏的功能。即上下基板和 IC 制作是触摸屏制作中的主要部分。在电阻式触摸屏当中，触摸屏厂商基本上不存在制造功能。形成了以 IC 厂商拥有领导地位，将触摸屏基板和液晶显示一起提供给整机厂商的商业模式。

电容式触摸屏的发展直接影响了触摸屏产业的发展，今后电容式触摸屏的发展将与触摸屏产业的发展一同进行，更加值得关注。

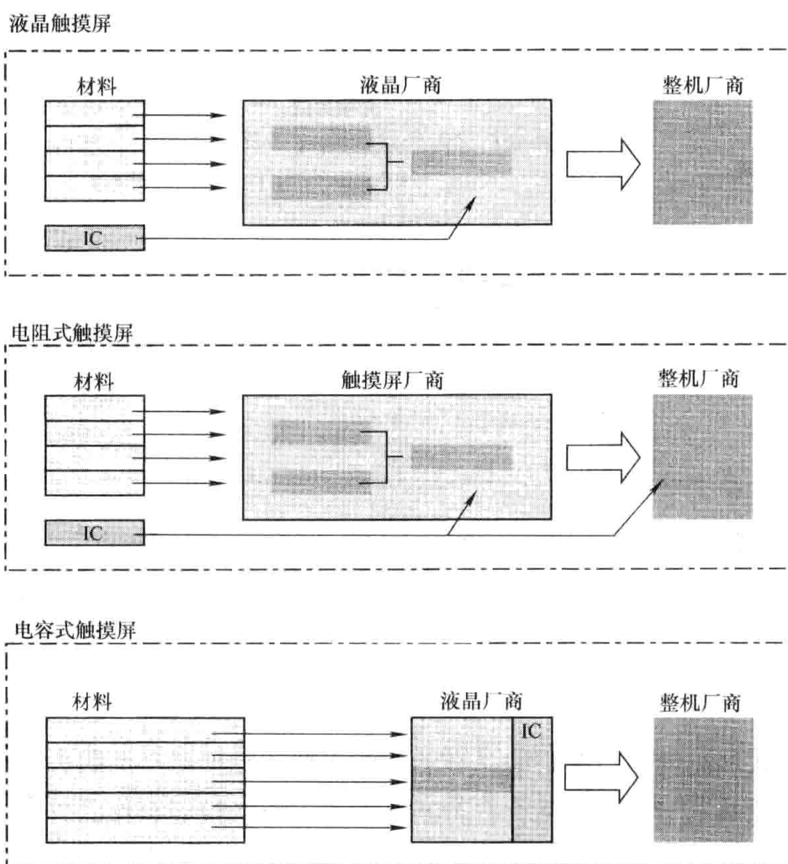


图 4-4　液晶显示和触摸屏

液晶显示面板与触摸屏市场发展的异同点

在制造工艺及使用材料上，液晶显示面板与触摸屏都比较类似。也就是说生产液晶显示面板的厂商，在技术层面是可以生产触摸屏的。但是，前几名的液晶显示面板生产厂商致力于发展触摸屏并进行生产的厂商还不多。由于电容式触摸屏的不断发展，在日本的液晶面板生产厂商中只有夏普和日立成为了生产触摸屏的厂商。主要原因是触摸屏与液晶显示面板相比，市场规模还非常小。

2007 年触摸屏的市场规模大约为 1000 亿日元，而平板显示面板的市场则超过 10 兆日元，两者相比，差距非常明显。但是自 2007 年以后，触摸屏得到了迅速的发展，到 2009 年，其市场规模达到 3500 亿日元，但平板显示

面板的市场规模由于受到2008经济危机的影响，只有9兆日元。另外，估计到2015年，触摸屏的市场份额会超过9000亿日元，逼近1兆日元，而平板显示面板即使市场得到了恢复，其发展还是比较低，预计可能达到10~12兆日元。这样今后的发展速度有着明显的差异，相比而言，到了2015年触摸屏的市场与平板显示面板相比，差距将大大缩小。

此外，如本章所述，起初日本厂商在平板显示面板领域处于领先位置，但是随着市场的发展，日本以外的厂商市场占有率得到了快速的发展。这些厂商不是来自欧美，而是来自亚洲的韩国、中国台湾地区，后来逐步转移到了中国大陆。

在触摸屏领域也有相同的发展趋势。与平板显示领域不同的是，韩国和中国台湾地区的厂商在平板领域处于领先位置，但是在触摸屏领域韩国市场份额占有率低了些。表4-3说明了触摸屏与液晶面板市场发展的异同点。

表4-3 触摸屏与液晶面板市场发展的异同点

类似点	● 制作工艺（电阻式、电容式） ● 主要材料一样（玻璃、透明导电膜、光学膜） ● 成本结构（材料费比率高） ● 日本以外厂商的比重提升显著
不同点	● 市场规模（液晶：10兆日元）：（触摸屏：3,000亿日元） ● 市场延伸（液晶：低成本）：（触摸屏：高成本） ● 厂商的规模 ● 主要厂商的区域特征

值得深思的是，日本电子电机领域一直被业界喻为“加拉帕戈斯”。加拉帕戈斯是在南太平洋上的群岛，生息着只有在本岛才能看到的一些动植物。虽然日本手机在技术上具有自己的特色，曾作为行业的先导者，但是只局限在日本国内使用，分到的市场份额有限，以至于没能成为行业的标准。而现今有一种看法是触摸屏产业也变成了加拉帕戈斯。笔者认为，并不应该只局限在日本国内，而是要延伸到中国和韩国，协调全方位发展。考虑到显示与触摸屏的技术发展，必须清除业界对产品和原材料及主要生产部件阻碍。

2 制造方式与成本结构

制造工艺流程

图 4-5 所示为电阻式触摸屏的制造工艺流程的一个代表例子，上基板采用的是薄膜基板，下基板采用的是玻璃基板。

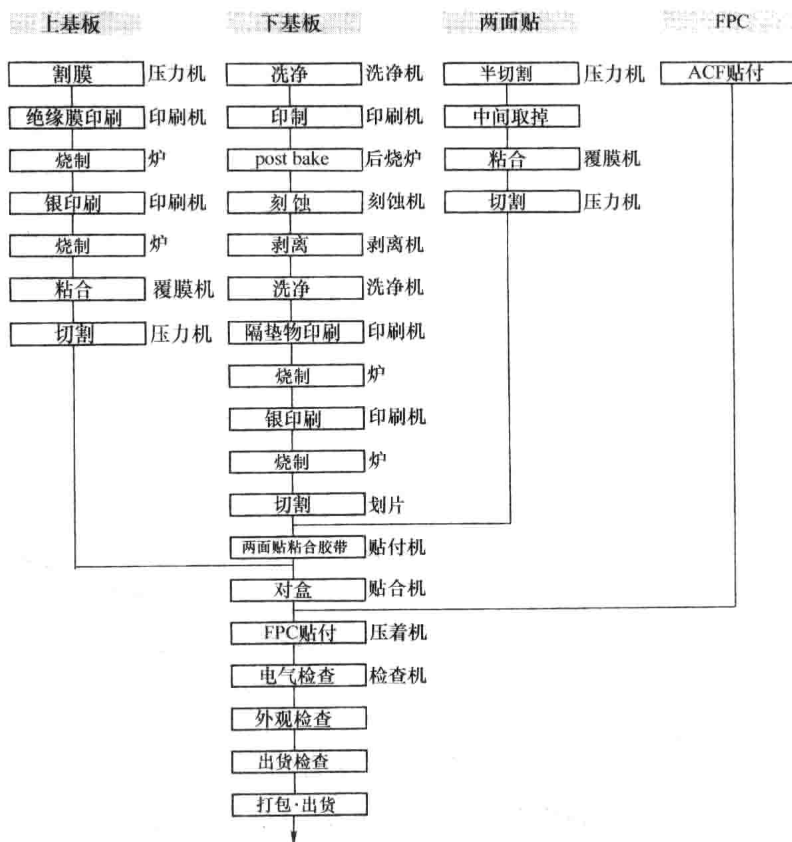


图 4-5　电阻式触摸屏的制作工艺流程

触摸屏的制造工艺，在很多地方与液晶显示面板的制造工艺相似。都是两个相对的基板上形成透明电极，然后在透明电极上印制功能材料，形成图案，再将上下基板贴合，转移到最后工艺。

触摸屏厂商多数是直接购买已经形成透明电极的基板，应用到本公司的

制造工艺中，图4-5的流程便是以此为前提做的，投入的下玻璃基板主要是液晶显示面板中第二代的尺寸370mm×470mm或者400mm×500mm；上薄膜基板直接购买650mm或1000mm左右的卷状薄膜，然后将其按适当的尺寸进行切割后投入到后续的制造工艺中。

透明电极的图案制作方法与液晶显示面板不同。液晶显示面板利用光刻的办法形成透明电极图案，需要感光性好的树脂材料和造价高昂的曝光、显影设备。触摸屏制作透明电极主要有以下几种方法。

①在需要产品的透明电极的位置上印刷感光材料，将其作为掩模板，刻蚀掉不需要的透明电极部分。

②在不需要透明电极的位置印刷绝缘膜。

③用激光设计并制作透明电极。

与液晶显示面板相比较，制作触摸屏透明电极的图案非常简单。由于不需要价格高昂的光刻工艺，所以各个厂商尽可能选择低成本的制作方法形成透明像素电极。以前多使用方法①、方法②或是用光照的方式来制作透明像素电极，最近使用激光加工形成透明电极的方式逐渐增多。

尽管激光加工的设备也不便宜，但是所需空间少。此外激光加工的方式是利用干法工艺实现的，不需要湿法刻蚀工艺，省去了废液处理，对ITO薄膜的加工是很有效的。其代表性设备厂商是UItech公司。

形成透明像素电极图案之后，在各个基板上印制银胶，然后基板的一侧设置圆形隔垫物，再将两个基板贴合在一起。两基板贴合方式与液晶显示面板一样，有的先印刷封框胶，再用加热或者UV照射的方式固化封框胶，也有使用双面胶等黏合剂进行贴合的。图4-5所示的便是使用双两面胶贴合的实例。

完成两个基板贴合之后，接着进行FPC的强力粘合。液晶显示是在所谓素玻璃（mother glass）状态下进行贴合的。但是TP往往是先定好尺寸，之后在设定的尺寸面板上进行贴合的情况比较多。

电容式（投影型）触摸屏，只使用一张玻璃基板。与电阻式触摸屏工艺的不同之处在于在一张玻璃基板上重复进行镀膜和图案的加工工艺，这个是电容式触摸屏制造工艺的技术重点。图4-6所示为在玻璃基板的两面形成ITO图案的工艺过程。

能同时完成镀膜和图案加工的厂商不多，起初电容式的触摸屏多是在镀膜厂商与图案加工厂商之间来回加工完成的。与日本相比，中国的厂商积极

投资，现在进行镀膜和图案加工的厂商日渐增多。

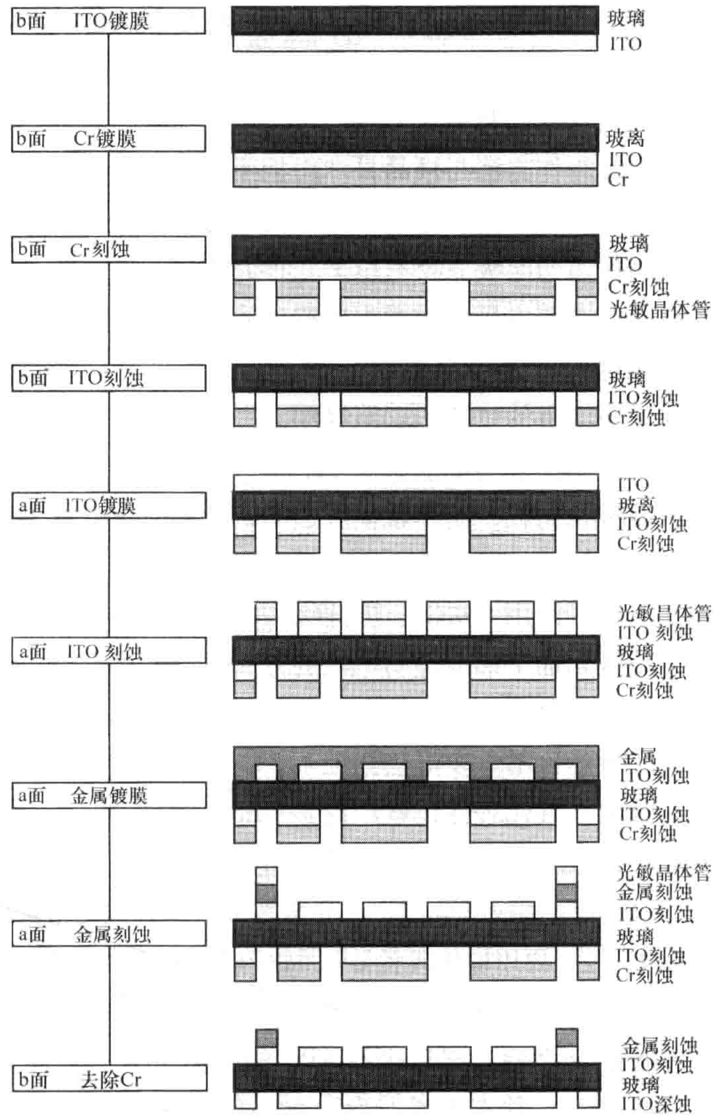


图 4-6 电容式触摸屏的工艺

触摸屏的成本构成

触摸屏可以用较少投资实现量产。在触摸屏中所使用的材料大多与液晶显示面板材料一样，只是制作方法不一样。在触摸屏成本中，材料费的比例占得最高。电阻式触摸屏的主要材料有带有ITO的上薄膜基板、带有ITO的下玻璃基板、连接电路信号的FPC、银胶，隔垫物等。

ITO 玻璃的厚度一般是 1.1mm 或者 0.7mm。触摸屏 ITO 与用于液晶显示面板的 ITO 是相同的，只是 ITO 的制作方法不同。制作液晶显示面板的 ITO，电阻值要尽可能弄低，方块电阻一般在 10 ~ 20Ω/□左右（对应的膜厚为 1000 ~ 1500Å 左右）。

相比之下，用于触摸屏的 ITO 要求的电阻值高，方块电阻一般在 500Ω/□，对应的膜厚 200 ~ 400Å。触摸屏产品的均一性非常重要，在一张基板内不能有太大的波动，这主要由 ITO 薄膜决定。此外，在触摸屏实现触摸功能时，需要将上下两个基板相接触，使其导通，然后再分离，重新回到非导通状态，所以 ITO 表面最好有些凹凸。因为有此性能要求，用于制作触摸屏的技术与液晶显示面板相比，难度更高。尽管 ITO 薄膜制作方法相同，但为了防止或降低牛顿环的产生，在薄膜基板与 ITO 膜间设置抗牛顿环层。另外，在 ITO 镀膜工艺中还必须采用比基板融化温度低的低温镀膜工艺。

由于上述技术的壁垒，生产触摸屏的 ITO 基板厂商不多。在触摸屏中材料费，尤其是 ITO 基板成本费较高。两个基板成本占触摸屏产品总价格的一半左右。再加上 FPC 与其他材料成本，超过产品总价格的一半以上。表 4-4 与图 4-7 很好地说明了上述现象。

表 4-4　成本结构（膜 + 玻璃电阻式示例：部分为推测）

10.4in 的情况

前提：ITO 玻璃　下(1.1mm)：0.55 日元/cm²

ITO 膜　0.55 日元/cm²

（有效率　85%）

90% 产品比率

尺寸　370mm × 470mm(4 面)

（单位：日元）

材料费	上基板	281
	下基板	239
	FPC	70
	其他	150
	合计	740
加工费(含固定费)	前工程 1	110
	前工程 2	220
	后工程	150
他		120
制造原价		1340

（材料费比率：55%）

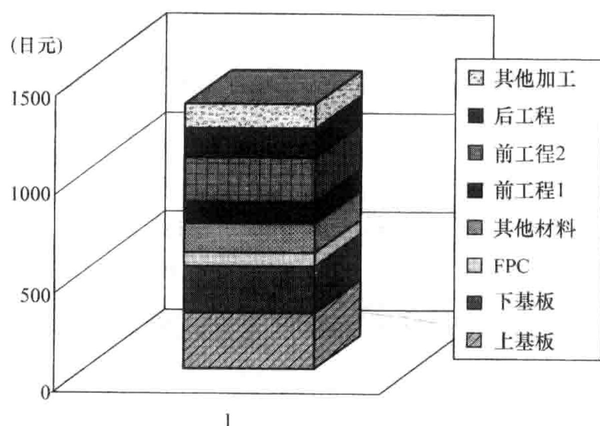


图 4-7　触摸屏成本结构

如前面所述，随着触摸屏主要生产厂商从日本转移到中国、韩国等的同时，主要原材料和零部件供应的厂商在同一区域逐步增多，再加上制作技术水平的不断提高，制作触摸屏的成本也正在不断地下降。

投资金额

表 4-5 是薄膜晶体管液晶显面板（TFT-LCD）、无缘超扭曲液晶显示面板（STN-LCD）和触摸屏生产线的生产能力和生产线的投资金额推测。

表 4-5　设备的投资金额推测

■TFT-LCD

单位：亿日元

生产世代线	玻璃尺寸/mm	制造设备	厂房・附带设施	合计
G8	2400×2800	2622	1483	4105
G5	1100×1300	890	463	1353
G2	370×470	300	100	400

● 基板投入能力　6 百万张/月

● Array 工艺 Mask Process

■STN-LCD

单位：亿日元

玻璃尺寸/mm	电路印制加工	工艺	后工艺	合计
370×470	10	15	8	33

● 基板投入能力　1.2 千万张/月

■电阻式触摸屏

单位：亿日元

玻璃尺寸/mm	玻璃基板加工	膜基板加工	其他组装	合计
370×470	2	1.5	2.5	6

● 基板投入能力　2 百万张/月

薄膜晶体管液晶显示面板的产线投资金额与生产的主要产品密切相关。一般是玻璃尺寸越大，其投资金额也越大。现在主要生产液晶电视面板的第八代（G8）生产线，使用玻璃尺寸大小是2400mm×2800mm。加上制造设备上建筑与附带设备，一个月可以投入6万张玻璃的生产能力的第八代生产线的投资金额大约要4000亿日元。另外，据估计一个用于月投入12万张玻璃用于生产笔记本的液晶面板的生产线需要投资1400亿日元。

触摸屏生产线的基板尺寸没有那么大，一般是以第二代线液晶显示面板产线的尺寸370mm×470mm为主。这个尺寸与无源矩阵的STN生产线的主流尺寸一样。对比生产的投资，相同大小尺寸一条TFT生成大约为400亿日元，STN大约是40亿日元，触摸屏大约为5亿日元。由于生产线的生产能力不同，投资效率也无从比较，但是现在的投资情况可以作为参考。液晶面板生产线需要高精度加工的曝光机，一般比较贵；印刷工艺在触摸屏中是主流工艺，以丝网印刷机为主，所以有很大不同。

3 客户所期待的性能与要素

一般触摸屏的做法

表4-6是厂商提高的一款触摸屏产品的性能指标。触摸屏产品性能指标有环境保证、机械、光学特性、电气特性、耐久性、环境可靠性，对应每一种性能，都有一定的性能指标。根据集成触摸屏产品的不同，性能指标也有所不同。此外，根据触摸屏方式不同，产品的性能指标也有所不同。表4-6中所举的例子是集成在FA机器，医疗或者工业用电脑等产品上的一款电阻式触摸屏产品的性能指标。

表4-6中，环境特性中有驱动温度范围和保存温度范围等指标。其－20～70℃是驱动温度的范围，－30～80℃是保存温度范围。如果是标准可靠性规格，驱动温度在0～50℃，保存温度在－20～65℃。如果是车载产品，可靠性规格就比较严格，驱动温度范围是－30～85℃，保存温度范围是－40～95℃。触摸屏的车载产品占有很大的市场。如前面所述，根据它是嵌入型、通用型、配套型等类型的不同，其主流结构和制作工艺也有所不同。

表 4-6　触摸屏性能（电阻式）

环境保证	驱动温度范围	-20～70°C
	保存温度范围	-30～80°C
机械特性 光学特性	动作负载	0.2～1.96N
	透过率	84%（TYP）（无膜）
	表面硬度	3H
电气特性	端子间电阻	X:500～1220Ω
		Y:500～1220Ω
	绝缘电阻	Min 10MΩ
	波动	Max 10ms
	线性度	Max ±2.5%
耐久性	键盘寿命	100 万次
	扭曲强度	49N
	跌落强度	铁球 Φ11300mm 高度
	振动	10～150Hz 6min
	冲击	100G,6ms 正弦曲线
	FPC 扩张强度	1kg,5s 90°方向
	FPC 扭曲强度	100g,上下 10 次
环境可靠性	高温放置	80°C,240h
	低温放置	-30°C,240h
	高温高湿	60°C,90% RH,240h
	温度循环	-30°C↔80°C,300 次
	高温驱动	70°C,240h
	低温驱动	-20°C,240h
	耐药品性	丙酮、酒精、洗涤剂
	耐尘性	JIS-D0207 20°C

机械，光学特性主要衡量动作负载与透过率。动作负载是触摸屏特有的功能，是指承受压力的程度。采用硅胶（比如前端是 Φ12mm，硬度 60HS），导通电阻在 10kΩ 以下的值。根据录入方式不同，如手指录入，笔录入，其要求的值也不同。笔录入产品对动作负荷的要求比较低。

触摸屏通常是设置在液晶显示的上面（人可以看到的一侧），透过率是一个很重要的性能指标。作为显示器器件，亮度和对比度是液晶显示面板与

触摸屏特性相结合的效果。通过设置触摸屏，可以通过提高液晶显示面板背光的亮度弥补触摸屏下降的亮度，这样就可以折中亮度与功耗的关系。测定方法是把卤素灯作为光源，利用偏光片转化成线偏光光源，以550nt[1]的亮度作为100%来测定透过率。此外，光学特性指标还有反射率，表面雾度；表面硬度等性能指标也会纳入考核性能指标的范围，这些会用于触摸屏的上基板可能由贴合膜的表面处理性能决定。

触摸屏的电气特性指标主要有端子间电阻、绝缘电阻、波动（chattering），线性度等。其中最重要的一项性能指标是线性度。在触压触摸屏时，需要使实际检出位置和触压的位置一致，但实际上会有一些偏差。

如图4-8所示，输入电压和输出电压的关系最理想的是线性关系，但实际输出电压往往有所波动。引入电压线性度的概念，即有效区域的最外端电压差除以一个面板内最大误差电压的值称为线性度。

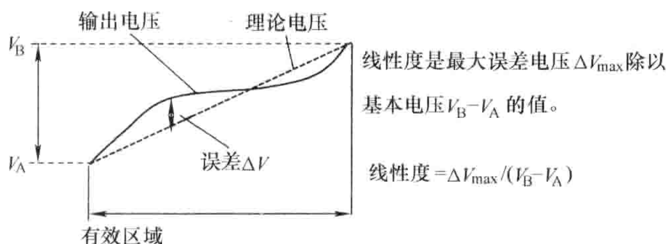


图4-8　关于线性度

在触摸屏的耐久性指标方面，根据用途不同，其性能指标也有所不同，耐久性指标有：击打次数、振动、冲击等，此外还有与外电路连接FPC的拉伸强度以及弯曲强度等指标。在笔录入式的游戏产品中，也会用笔连续敲打触摸屏，所以触摸屏的结构设计很重要。一般采用电阻式薄膜/玻璃结构的敲击次数可以达到100万次。五线式结构的触摸屏的出现更延长了屏幕敲击次数。

一般电阻式的触摸屏是四线式的，在实际操作过程中，如果上基板的薄膜或者导电膜发生形变，就会出现问题。四线式电阻式触摸屏的电极分别在上下基板的X轴与Y轴上，但五线式电阻式触摸屏电极都设置在下基板X轴与Y轴上。在五线式电阻式的触摸屏中，顶部电极只起感知接入点的功

[1] $1nt=1cd/m^2$，后同。

能，几乎不会受到损伤，与四线式电阻式触摸屏相比，其敲击寿命要长得多。此外，四线式电阻式的触摸屏的上部基板使用薄型玻璃的结构，透明电极与玻璃基板的接触性好，其敲击寿命也较长。触摸屏还开发一种不是 ITO 的透明电极的材料，属于金属纳米结构。使用此透明电极材料制成的高分子聚合物基板弯曲性非常优越，可以显著地提高敲击寿命。

环境可靠性指标主要有高温放置、低温放置、高温高湿旋转、循环温度放置，以及边通电边进行高温动作测试和低温动作测试。此外，根据客户的要求，还可以添加抗药品性、抗尘性和盐雾冷凝等性能指标。信赖性的测试都是以前面所述动作温度和保存温度为基准来进行的。即，放置测试的温度上下限在保存温度范围内，动作测试的上下限温度在动作温度范围内。表 4-7 列举的是标准模式、中信赖性以及高信赖性性能参数。

外观性能指标及包装方法在本书里也有相应的介绍。

表 4-7　可靠性特性的区分

	高可靠性模型	中可靠性模型	标准模型
驱动温度范围	-30～85°C	-20～70°C	0～50°C
保存温度范围	-40～95°C	-30～80°C	-20～65°C
高温放置	95°C 1000h	80°C 240h	65°C 240h
低温放置	-40°C 1000h	-30°C 240h	-20°C 240h
高温高湿放置	60°C 90% 1000h	60°C 90% 240h	40°C 95% 96h
温度循环	-40↔95°C 1000 次	-30↔80°C 50 次	-20↔65°C 10 次
高温动作	85°C 1000h	70°C 240h	50°C 240h
低温动作	-30°C 500h	-20°C 240h	0°C 240h
产品应用	车载、飞机	手机、家电	商务机、游戏机

触摸屏的性能与技术要求

下面我们来介绍电阻式触摸屏客户所要求的主要性能指标与基本技术的关系。

首先要说的是机械性能与光学性能的动作负载。动作负载是为了实现触摸功能而所需的压力。根据触摸屏录入方式不同，如手指、笔或者是两者兼有，再加上不同的用途，对动作负载要求的水平也有所不同，通常对手指录入式的要求比较低。决定按压负载的技术要素有三点：一是上基板的材料和厚度，柔软和薄是上基板的优势；二是印刷在触摸屏内部的点状隔垫物的密度，密度越低，越有利于减少按压力；三是上下基板的间隙，间隙越大，其

按压力越大，间隙设置越小，按压力就越小。但是，上下基板的间隙越小，其均一性就越难控制，容易发生牛顿环的干涉条纹。这与液晶显示面板中的盒引起的厚色度不均（cell gap mura）类似，但液晶显示面板中上下基板间充入的是液晶材料，而触摸屏的上下基板之间是空气层，所以在触摸屏中更容易产生牛顿环。为了防止牛顿环的产生，各个厂商在工艺和设计中进行改进。在大尺寸上基板的厚度有制约，只改进触摸屏的制造工艺和设计是不够的，于是在使用的上基板或者下基板的表面上进行凹凸处理，使光散射，减少光的干涉，从而减弱牛顿环的发生。

表 4-8 是以触摸屏厂商的角度总结的一些关键性能和技术。触摸屏设置在显示器件最上面的一层，对亮度影响较大的因素是透过率和环境光的反射。此外，由于要直接接触摸屏的膜表面来实现触摸功能，所以表面的硬度对触摸屏来说也很重要，一般来说触摸屏基板的表面材料处理好坏也是决定触摸屏产品优劣的一个重要技术指标。

表 4-8　电阻式触摸屏的性能要求和关键技术

项　目		关键技术			
		上下基板	材料	工艺・设计	液晶显示设计
机械特性 光学特性	动作负载	上基板的材质、厚度	圆形隔垫物密度	上下基板之间的电容	
	滑动性杂音	透明导电膜的表面形状	圆形隔垫物材料		
	透过率	透明导电膜的方法基板的防反射处理		上下基板的空气层的处理	TP 和 LCD 的结合方法
	反射率	最顶表面的处理方法(防眩光与防反射处理)			水波纹现象的处理
	表面硬度	表面的材质处理方法			
	线性度	透明导电膜的面电阻分布	电极的电阻分布	上下基板间的电容的均匀性基板的弯曲度	
耐久性	敲击寿命	上基板材料和透明导电膜的粘着性		五线式、四线式的设计	

（续）

项　目		关键技术			
		上下基板	材料	工艺·设计	液晶显示设计
可靠性	保存高湿度	上基板材料	上下基板贴合材料		
外观形状	牛顿环	上下基板的对象面处理	电极材料、密封材料内空间直径的设计	上下基板间的电容（间隔的大小）	
	窄边框		电极材料的电阻	电极、密封印制位置的精度	
	重量	上下基板的材质、厚度			Inner TP 方案
	薄型	上下基板的厚度			中途工艺中轻薄化、Inner TP 方案

此外，在制作触摸屏产品时，触摸屏与液晶显示器件的匹配也很重要。触摸屏与液晶显示器件的贴合通常使用两面胶固定周边。这样在触摸屏与液晶显示器件之间会存在空气层，导致透过率下降，所以现在在以手机为中心产品中，已逐渐减少使用这种存在间隙的贴合方式，大尺寸产品也在逐步减少使用这种贴合方式。触摸屏表面进行的防眩光处理和液晶显示面板像素尺寸，会引起画面发亮或者水波纹现象，需要有对应的设计技术。可以将液晶显示的偏光板设置在最上层为触摸屏与液晶显示面板所共同使用的方案，称为内部触摸屏（Inner Touch Panel）。

另外，如果在显示中采用有机 EL㊀，作为有机 EL 密封间隙功能而使用的玻璃基板与作为形成 TP 功能的基板而使用的设计被实行的场合也会存在。

客户的期待与差别化技术

今后触摸屏的市场越来越大，其用途也越来越广。终端客户对触摸屏性

㊀ 有机 EL，是 Organic Electro-Luminescence 的简称，即有机发光的电子板，定义虽然很笼统，但是包含范围广，比如发光二极管，发光聚合物等利用物理发光现象的所有有机物的统称。

能的要求也呈现出多元化。随着触摸屏市场规模的扩大和参与触摸屏以及触摸屏原材料厂商的增加，竞争将变得异常激烈。为了在竞争中立于不败之地，每个厂商都必须要有自己独特的触摸屏技术。以下是被业界关注的高性能触摸屏技术。

①高透过率

触摸屏在显示器件的上面，任何触摸屏产品都需要高透过率。追求高透过率是触摸屏要不断解决的课题。为了提高透过率，人们在触摸屏的材料和设计上做出了很大的努力，但是与显示器件贴合的方法也不能被忽视。进一步说，电容式触摸屏比使用两个基板的电阻式触摸屏更有利于提高透过率。在液晶显示里形成触摸传感器（Touch Sensor）的内部（In Cell）方式是最理想的，但这还是设想阶段。有必要在推进技术发展的同时，时刻把握新的技术动向。

②多点触控

多点触控可以提高触摸屏的表现力、功能的趣味性以及使用的方便性，因为可以集成 Windows7 系统[㊀]，所以对它的关注将也越来越高。现在电容式（投影式）触摸屏是主流产品，而且它不只局限在手机产品，还会扩大到大尺寸产品中。将来涌现出什么样的新技术，都是需要关注的。

③大尺寸与低成本化

触摸屏的市场不断扩大，但超过 10in 以上的产品与液晶显示器件的市场价格相比是比较贵的。据报道 20in 的 TFT 彩色显示模块（TFT Color Module）的市场价格大约是 8000 日元，接近 1 万日元。但这种尺寸的电阻式 TP 的价格大约是 5000 日元，如果是超声波式 TP 或者光学式的 TP，15in 产品的价格就超过 2 万日元。看上去 TFT 显示屏的价格更低，但事实相反。以后将不断地降低 TP 原材料和部件的成本，不断地改进设计，满足低成本化。现在执行低成本化，拥有战略价值。

④高耐久性，高检测精度

不同客户对触摸屏的使用频率和使用方法有很大的差异，但是都要求耐久性高、寿命长。尽管检测度成为很普通的用途，但是对银行的 ATM 机、车站售票机的触摸屏的检测精度还有待提高，继续改进触摸屏的检测度还是

㊀ 近两年随着 Android 系统的大量普及，使多点触控技术越发显得重要。

很有必要的。

相对“红海（Red ocean）”战略，显示领域更适用“蓝海（Blue ocean）”战略。如果将竞争激烈、企业利润呈微薄甚至负利的世界称为“红海”，那么，具有独特的技术，或者拥有固定商业模式，进行高附加价值的商业模式称作“蓝海”。就如同在汽车领域内出现了混合动力汽车一样。在平板显示业界，与液晶电视、等离子电视并行出现了LED电视，这是三星公司的战略。虽然LED电视也是液晶电视，但是背光源使用的是LED而不是CCFL，它更新了生产线，价值也得到了巨大的提升。本书中所涉及的触摸屏，将来可能有多种形式，期待它能成为一种蓝海战略，一展身手。

第 5 章
电容式、电阻式触摸屏材料的发展趋势

触摸屏材料的技术动向

透明的触摸屏根据原理不同，可分为光学式，电容式，表面声波式，电阻式和电磁诱导式。各自的特点在第2章与第3章中已做过详细说明。

本章主要针对触摸屏材料的技术动向进行介绍。首先，对电阻式触摸屏和最近热门的投影型电容式触摸屏材料的技术动向进行介绍。

1 电阻式触摸屏材料的市场与技术动向

材料市场

2007年度，触摸屏市场处于2000亿日元的水准。据了解，电阻式触摸屏占据整个触摸屏市场的75%，且每年以15%～20%的速度增长。集成液晶显示的触摸屏中90%以上都是电阻式触摸屏。表5-1是根据笔者的推测而总结的电阻式触摸屏材料的市场和技术动向。

表5-1　触摸屏材料的市场和技术动向

材　料	用　途	原价结构(%)	单　价	市场尺寸(电阻式触摸屏用途)		备　注
				量	金额	
ITO膜	顶部电极(少量底部电极)	50	4～7千日元/m^2	400万m^2	200亿日元	2010年600万m^2
ITO玻璃	底部电极(超薄型是顶部电极)	40	3～6千日元/m^2	200万m^2	80亿日元	大多是用于LCD
FPC	顶部/底部电极的连接	2	100日元/张以下		5亿日元	其他用途也多
银胶	ITO面形成电路	5	7万日元/kg左右		20亿日元	LCD、等离子显示等用途多
绝缘胶	银电路的绝缘保护	2	5千日元/kg左右		3亿日元	同上
其他(底部偏光片·掩膜)		1		·	—	

最近不断扩大的ITO薄膜市场备受关注。不但现有的ITO薄膜厂商相继增产，同时涌现出了许多新的厂商，研究替代ITO材料。通过表5-1可知，触摸屏的材料构成分为顶部（可动）电极ITO薄膜基板、底部（固定）电极ITO玻璃基板、FPC、光学薄膜及构成周边的贴合材料等，后面会进行详细说明。

ITO膜

用于平板显示的透明导电材料几乎都是ITO。尽管研究人员对可替代ITO的材料进行了很久的研究，但至今，在实用性方面还是没有可替代ITO的材料。ITO玻璃基板是液晶显示面板中必需的原材料，有着巨大的市场，液晶显示厂商也将它投入到内部生产中。95%以上的ITO薄膜基板用于触摸屏中，相比之下，用在电致发光器件（EL）、液晶显示基板（包括电子纸）的就很少，占有率不足1/100。

据统计，2007年ITO薄膜基板的市场规模是400万m^2，其中90%以上是用于电阻式触摸屏。不过最近，ITO薄膜开始应用在投影型电容式触摸屏上，这是ITO薄膜基板新的增长领域。随着投影型电容式触摸屏市场的不断扩大，有可能每年以100万m^2的速度增长，达到500亿日元的市场。如果电子纸再发展起来，这种ITO薄膜基板将有更大的市场。

电阻式触摸屏在液晶显示上的集成率极高，其结构也有很多种。ITO在上/下基板的简称F/G、F/F、G/G等，90%以上都是F/G结构。

用于触摸屏的上电极、下电极的ITO膜，是氧化锡和氧化铟的混合物（In_2O_3: Sn），其中氧化Sn的含量在3%～10%，与液晶显示面板中的ITO几乎是一样的。ITO具有高透明、低吸收、高电导率、环境窗口大的特性。在电阻式触摸屏中ITO的导电性必须是线性的，表面方块电阻值大约是500Ω/□，膜厚约200Å。触摸屏集成在液晶显示器件上，必须要解决各种光学问题。详细内容可参照后述参考文献，但主要具有以下功能：①防止表面反射；②抑制干涉条纹；③防止强光；④防止外部反射光；⑤防污染；⑥边框薄窄化；⑦笔记耐久性，键盘耐久性。

顶部电极（可动电极）是电阻式触摸屏的输入部分。因为使用手指或笔输入，所以必须使用便于输入信号的材料。目前顶部电极的上部材料主要是聚酯纤维薄膜（PET薄膜）。顶部电极几乎都是在PET薄膜上面形成ITO

膜。PET 薄膜的平坦性好，使用厚度不足 200μm 。该薄膜具有良好的透明性、强韧性，耐腐蚀性以及绝缘性等特性。此外，聚醚砜树脂（PES）具有很好的耐热性，被一部分触摸屏厂商使用。

ITO 薄膜结的晶化水平直接影响触摸屏的特性，ITO 的膜质与厂商的镀膜技术密切相关。由于产品光学性能的要求，不是在薄膜基板上直接形成 ITO 膜，而是经过减弱干涉条纹、防止反射、提高表面硬度、提高黏性、防污处理等功能处理后才在薄膜基板上形成 ITO 膜。实际上仅用 ITO 膜作为顶部电极，就足以满足触摸的特性需求了。

集成液晶显示的触摸屏特性之一就是需要很高的透过率。电阻式触摸屏的透过率由顶部电极材料与底部电极材料的透过率共同决定。一般触摸屏上部 ITO 薄膜基板的透过率约为 88%，下部 ITO 玻璃基板的透过率约为 90%，所以触摸屏的透过率约为 78%。ITO 玻璃的透过率虽已达到 97%，但市场上 92% 透过率的 ITO 薄膜基板是比较好的，人们正期待着拥有 95% 以上透过率的 ITO 薄膜基板出现。

ITO 替代膜

如前文所述，现在触摸屏使用的透明导电膜是 ITO 膜。虽然它具有很好的透光性和耐久性，但是在光学方面上，ITO 膜颜色偏黄，从而会影响液晶显示面板的显示质量。此外，受原料来源的影响，ITO 供给不稳定，直接影响了整个业界的发展。之后，ITO“再利用”理念在用户中逐渐普及，重新建立了 ITO 供给体系。考虑到 ITO 膜的缺点和成本问题，开发代替 ITO 的导电材料的各种项目也在积极推进。以前，曾提出过导电性高分子薄膜的开发，最近银系薄膜的研究开发逐渐盛行起来。表 5-2 是各种 ITO 代替材料的开发现状。

①银系薄膜

日本照片印刷株式会社和美国 Cambrios 公司共同发布了 ITO 膜的代替薄膜——银系薄膜在电容式触摸屏上的应用，备受关注。尽管先前有几家公司发表过银系导电性薄膜，但是都没在触摸屏上的应用。与后述的导电碳纳米管相比，银系薄膜在实现低电阻（500Ω/□左右）、高透过率方面比较困难。但是银系薄膜在 mesh 结构 0. 1Ω/□以下的 EMI 用途中心有应用过，所以 100Ω/□程度还是比较容易开发的。通过表 5-2 可以看出，几年前的导电

高分子逐渐向银系薄膜转移。

表 5-2 各种 ITO 代替材料的开发现状

制造方法	公司	金属	模式	表面电阻/Ω	透过率	2009 年事业动向
湿法	DNP	银系	Mesh		80% 左右	5 月起供量产
湿法	富士膜	银系	Mesh	0.1 ~ 数千	85% 左右	超透光型上市
湿法	Cambrios	银系	随机布线	?	?	日本相片印刷和电容式
湿法	东立	银纳米粒子	(100 ~ 150μm 尺寸)	1 ~ 50	80%	与 CIMA 社技术合作
湿法	日立	银系	Mesh			
湿法	UNIDYM	CNT	random CNT	1 ~ 200	?	三星、LG 合作
湿法	eicos	CNT	random CNT			最近复兴
湿法	TDK	ITO 粉末	粉末粘接剂	500	85%	实际有 TP
湿法	长濑产业	导电性高分子	coating 膜(5μm 左右)	800?	85% 左右	
湿法	LINTEC	导电性高分子	coating 膜(5μm 左右)			
湿法	日油	导电性高分子	coating 膜(5μm 左右)			
湿法	旭化成精细化工	导电性高分子	添加 PVS			
离子轰击	高知工科大	ZnO	60nm 左右		85% 左右	

②导电性高分子薄膜与其他导电薄膜

虽然导电性高分子薄膜几年前就开始开发，但到现在还没有达到实际可以应用的水平。现在主流的导电薄膜一般是以 PEDOT 导电层为基础，这种薄膜具有很好的柔韧性、曲率半径小、容易变形，适合作为电阻式触摸屏的顶部电极。虽然目前这种 ITO 薄膜的曲率半径不能达到 8mm，但是通过工艺调整完全可以实现 1mm 的曲率半径，因而有望应用在狭窄框的触摸屏中。与通过溅射工艺沉积制造的 ITO 薄膜相比，导电性高分子薄膜可通过涂覆的方式制作，从而节约设备的投资，降低生产成本，但是在透过率及抗高温、高湿的性能上不如通过溅射沉积工艺而形成的 ITO 膜。据称之前还有发布说，导电性高分子薄膜中，导电高分子膜与 ITO 膜之间存在有极其相似的应用领域。

最近有关用于触摸屏的导电薄膜——碳纳米管（CNT）的报道。它具有很好的导电性、高机械性强度，有望成为替代 ITO 的薄膜。有报道说，美国

UNIDYM 公司的已经把 CNT 应用在电子书等领域。还有其他几家公司也正致力于此技术的开发。由于 CNT 具有很好的机械性能，且柔韧性好，对环境适应力强，很有希望用在太阳电池和触摸屏上。长谷先生介绍了 CNT 的主要专利，详见参考文献。

真空干法制 IZO（indium Zinc Oxide，铟锌氧化物）薄膜已接近实用化；山本等人采用离子电镀法制作的 ZnO 薄膜也离实用化不远。虽然还得确定它们是否能满足触摸屏顶部电极材料长耐久性的要求，但是 EL 容易刻蚀，就从这点来说还是比较合适的。有关 IZO 薄膜也有详述，在热稳定方面，具有比较稳定的非结晶质导电层。

基于 ITO 粉末的导电薄膜的开发也已有很多年的历史，但是很难实现高透光率和低电阻。在防止带电方面，离触摸屏的实用化还有较远的距离。据说 TDK 公司最近开发出同系统的导电薄膜，并被一些触摸屏厂商所用。这种薄膜特性与溅射工艺沉积制造的 ITO 薄膜没有太大差异，可以使用湿法制程，在价格上具有优势。

ITO 薄膜玻璃

起初电阻式触摸屏顶部电极曾使用 ITO 玻璃，是玻璃/玻璃(G/G)式触摸屏的主要材料。如今，ITO 玻璃也用在耐环境性能的车载产品的顶部电极中。作为顶部电极材料的 ITO 玻璃，根据其输入性能，玻璃的厚度在 0.2 ~ 1.5mm，考虑到生产性及成本，也开始使用厚度为 0.3mm 的玻璃作为顶部电极。

ITO 玻璃主要用做固定电极（底部电极）材料。底部电极的 ITO 玻璃厚度在 0.5 ~ 1.8mm（主要是 0.55mm 和 0.7mm）。从镀膜条件来看，ITO 膜属于结晶性质的薄膜。其 ITO 层的上面形成有维持上下电极层绝缘的圆形隔垫物。触摸屏的玻璃基本一般是可以浮动的，但可根据需要使用强化玻璃。

一般来说，ITO 玻璃的透过率在 90% 左右，根据画面需求进行处理后，可达到 93%。最近，在玻璃两面设置 AR 叠层的 AR ITO 玻璃的透过率可以达到 97%。若想降低成本，就一定要普及这种玻璃。

采用用做固定电极的薄膜/塑料 ITO。（F/P-ITO）来替代玻璃基板。在 100 ~ 188μm 薄膜基板上通过粘合层压厚片，代替玻璃的底部电极。一般使用的塑料基板是厚度为 0.5 ~ 2.0mm 的聚碳酸酯（PC）。

最近受到关注的塑料基板 ITO 也可以替代 ITO 玻璃，ITO 膜层压的厚度

为0.5~1.0mm。复合薄膜会因混入异物导致外观不良。但这种塑料基板的ITO镀膜良品率不高。薄膜基板可以通过轧辊进行生产，产能高，成本低；厚片基板是枚叶式的，产能低，成本高。虽然现在没有达到普及，但是市场需求很高。

FPC

FPC在矩阵式触摸屏中，价格比率较高，过去都由触摸屏厂商自行制造；在模拟式触摸屏中价格比率较小，很少有触摸屏厂商自行制造。但它仍是连接顶部电极与底部电极的重要材料。

近来欧洲RoHS[㊀]规定不含铅，使FPC备受关注。矢崎等人也提出了一个非常符合环境特性的热固型FPC结构（见参考文献）。

触摸屏的印制胶材料

电阻式触摸屏的模式图样是通过印制法制作各种各样的胶剂而形成的。表5-3是电阻式触摸屏工艺中所使用的胶材料。

表5-3　电阻式触摸屏工艺中所使用的胶材料

用途·功能	种　类	分　类
ITO膜的图案化	刻蚀电阻胶	热干燥型
		紫外线硬化型
形成电极电路	银胶	热干燥型
		热硬化型
确保上下电极面的电容防止接触	圆形隔垫物用的垫片	热硬化型
		紫外线硬化型
确保上下布线电极的绝缘性防止短路	银胶	热硬化型
		紫外线硬化型
		紫外线+热硬化型
上下基板的贴合	粘着胶	热硬化型
		紫外线硬化型
驱动电路和电器的连接	各向异性胶(ACP)	热可塑性
		热硬化型

㊀ RoHs是由欧盟立法制定的一项强制性标准，全称是《关于限制在电子电器设备中使用某些有害成分的指令（Restriction of Hazardous Substances)》，于2006年7月1日开始正式实施。

银胶材料是根据与银胶接触的ITO基板以及绝缘胶的性质来选择的，它可以显示出触摸屏厂商的技术实力。圆形隔垫物一般会层压在底部电极上，但要求与ITO层紧贴。此外，银胶材料应与顶部电极面的ITO层性质相匹配，硬度也要达到一定的基准（一般是3H~4H的水平），同时还要根据是ITO玻璃还是ITO薄膜来选择相应的材料。圆形隔垫物会直接影响到操控笔感，在设计时一定要考虑此种因素。过去周边电路主要是银胶，但随着投影型电容式触摸屏逐渐往细线方向发展，在实际电路中较常使用Mo/Al（钼/铝）系等材料。

2 电容式触摸屏与材料

电容式触摸屏可分为表面型和投射型两大类。前者也称做模拟容量结合方式，在面板表面形成均一的电场，检测出与从四角到触摸位置的距离形成反比的微弱电流值。导电材料是在透明性的ITO膜涂上锑形成电阻为0.5~2kΩ的ATO导电膜。在这种导电层表面再覆着SiO_2膜，为了防止电磁干扰（EMI），里面的导电层一般使用的电阻约为100Ω的ITO膜。在反射率方面，比中间是空气层的电阻式触摸屏性能更好，但是透过率没有光学超声波的触摸屏好。

投射型也被称作投射电容结合型，是一种新型电容式触摸屏。有栅格（Grid）和金属传感器（Wire Sensor）两种方式，目前主要关注的是栅格式触摸屏，其代表主要有iPhone和PRADA-phone。两者都通过绝缘体刻蚀两层导电膜。导电膜是100%的ITO膜。与在传感器表面形成电场一样，通过玻璃、塑料等非导电体向外侧投影。不仅可以触摸传感器的表面，也可以触摸玻璃面板。厚玻璃可能会产生视差，但是可以通过光学设计解决。

一般来说，投射型触摸屏指的是栅格式触摸屏。因为它有多录入的特点，所以成为主要的投影型触摸屏。多录入的特点是

①用手指转换画面；

②展开拇指和食指，扩大地图；

③将拇指和食指按时针方向旋转来改变画面的方向等，用手势进行操作。

由于上述操作在手机表面的保护玻璃上面可以直接进行输入，因此产品的设计非常简单。

根据传感器制作的厂商不同，设计也不相同。目前4in是最大尺寸。价格与电阻式相比，价格很高，此外还能以文字的方式录入。与表面型相比，也比较容易解决电磁干扰的问题。但是由于两个刻蚀面交叉重叠，需要更高的透过率。由于要求高感度，与电阻式触摸屏相比需要使用表面电阻更低的ITO膜。它具备高透过率、低电阻、性能均衡等特点。另一方面，投射型也被称为导线（wire）型，它是通过在玻璃与玻璃或者薄膜与薄膜之间直径为10μm的复杂导线检测纵横信号的。它也可以从20mm玻璃上检测信号，因此可以作为大型的录入机器贴在小玻璃上，作为电子标牌实用。表5-4是电阻式触摸屏和电容式触摸屏的导电特性。

表5-4　电阻式和电容式触摸屏的导电特性

		电阻式		电容式	
		模拟	矩阵	表面型	投射型
电极基本特性		线性度	低电阻	低电阻	使用2张低电阻
EMI的必要性		不需要(根据用途)		需要	需要
ITO膜的必要特性	是否刻蚀	需要	不需要	需要	需要
	ITO膜质	结晶性最理想	非结晶	结晶性最理想	微结晶/非结晶/非结晶
	高透过率	最理想	必要	最理想	必要
	是否AN对策	需要	需要	不需要	不需要
技术特点	可否多点输入	否	否	否	可
	尺寸	不限	不限	大尺寸	最大15in
	输入手段	笔/手	手	手(手套不行)	手(手套不行)

3 光学膜

用于低反射触摸屏的偏光片大部分都是圆形偏光片。通过粘合层在触摸屏的表面贴上圆形偏光片，该偏光片在触摸屏的里侧，称作相位差1/4 λ的薄膜，可以把低反射降到8%以下。该偏光片主要应用在需要遮蔽外光的导向仪或摄像机上。

另外，相位差薄膜也称为1/4 λ基板，将光学各向同性延伸使用。光学

因子 Re 值作为基本特性而被使用，多为 130nm 左右。光学各向同性 · 1/4 基板的基本特性也都是 Re，每个公司产品的差异是，可视光线在整个范围内是否是均一的。

硬膜（Hardcoat Film）的作用是防止操作时的损伤。比如其应用在孩子们使用游戏机上比较多，因为游戏机屏幕表面容易出现磨损，因此需要提高表面膜的硬度。最近，一家公司介绍表面硬度具有 9H 的触摸屏，备受关注。因为这款触摸屏的表面硬度达到 9H，因此不需要进行层压处理。总体来说，一般在很少在触摸屏中单独使用硬膜，而是与具有以下功能的薄膜一起使用。

低反射薄膜可分为 AR 薄膜和 AG 薄膜。AR 薄膜是从以前制作镜片的工艺中转化而来的，将高折射率层和低折射率层交替层压实现低反射功能。一般两层（高折射率层/低折射率层）的结构较多，四层结构的低反射薄膜比两层结构低反射薄膜实现的波长范围更广。低折射率层主要成分是 SiO_x，SiO_2（折射率在 1.45 左右）等；高折射率层主要成分是 TiO_x，ITO，In_2O_3（折射率 1.95 前后）等，通过溅射工艺完成薄膜的制作，成本较高。两层 AR（低折射率）薄膜主要是通过湿法涂覆（Coating）的工艺完成的，成本低，近来使用低折射率薄膜的较多。

AG 薄膜是将触摸屏顶部电极硬膜的表面进行粗糙化处理，将反射光进行散射，以达到降低反射的目的，缺点是不够清晰。据说，日本国内使用的多为经过 AG 处理的触摸屏，而销往其他国家和地区的通常是具有清晰表面的触摸屏，深受消费者的欢迎。

一些在触摸屏上组合有触觉信息提示的功能在近期也有介绍，并实用化。有代表性的功能是编入振荡器、编入错误信息反馈等，这是光学膜的另一个应用，通过形成凹凸表面而实现。此外，还有人提出为了提高手感采用磨砂膜。

触摸屏显示画面表面的污渍在外光反射下清晰可见，会直接影响到触摸屏的可读性，所以需要进行防污处理。防污处理的基本原则是防水和防油。一般来说，在材料表面涂覆氟系、硅系材料，降低表面能，使亲水、亲油性的脏物难以附在表面上。使用表面张力高的纤维布很容易擦除污渍，达到防污的功能。

当然，平板显示器件对表面的功能上，要求优先考虑表面硬度和低反射

性能，在保持上述性能的前提下防污。最近，除了防污性能外，又提出了抗菌性能，这有别于一般显示画面的防尘、防指纹技术。

使用手指输入的触摸屏，首先要求在手指触摸时，不留下指纹痕迹。指纹的主要成分是皮脂、脂肪酸、蛋白质、氨基酸、汗等油性污物以及沙尘、盐分等无机小粒子。有指纹时，容易发生反射，所以有指纹的部分成白色，非常明显。提高表面能，降低接触角，指纹不易被看到。擦拭时，全体润湿表面，比物理上完全除去指纹成分更有效。

如上所述，对触摸屏表面的要求很多，要想全部实现是不可能的。抗指纹性也应该与其他性能一起开展。在使用初期，表面性能很好，但在使用过程中性能会不断下降。尤其在手指输入式的触摸屏使用过程中，抗指纹性能、耐久性都会下降，表面涂覆层的局部会出现斑点，降低可读性能。而在实际使用中，还有很多不好的地方，这是触摸屏厂商也没有预想到的。随着触摸屏应用于笔记本电脑上，又提出了防窥视功能。可以在触摸屏和液晶显示屏的之间插入视角调整薄膜，实现上述目的。视觉调整薄膜是在两片保护膜中间插入“百叶窗”来实现的。这点与在液晶显示上扩大广视角相矛盾。

投射型电容式触摸屏中，对电磁干扰的性能要求不断提高。但随着集成机器及使用环境的不同，其性能的要求也有所不同。一般情况下，提高电磁的屏蔽功能，会使透过率下降，所以必须在金属膜的层压结构上下工夫。抗电磁干扰功能是通过在触摸屏的里侧贴上导电膜（ITO、银）和金属丝网实现的。有关防静电抗电磁干扰功能，可以参考新宫的文章（见参考文献）。



4 光学粘合膜

在显示领域，光学粘合膜是很重要的薄膜。虽然乍一看其技术含量不高，但如今已变成平板显示器的重要材料。光学粘合膜也称为 PSA（Pressure Sensitire Adhsensive，压感粘合剂）薄膜，具有以下特点：

①可以透过可见光；

②耐热性：无发泡，变色现象；

③耐湿性，无剥离，白浊现象；

④再剥离性（根据用途）：在粘合错误时，可以很轻易地撕开；

⑤粘合力的控制；

⑥切割性等。

光学粘合膜的重要程度根据用途和被粘合材料而有所不同。两面粘合膜有自我保持型粘合膜，还有层压在 PET 的粘合膜，其厚度由用途决定。

一般使用的是透明性、耐热性好的丙烯酸系材料作为粘合剂。业界一般不公开贴附膜的化学成分。粘合膜由粘合剂厂和膜材厂共同完成。

现在市场还有两面具有不同粘合力的膜。

静电容量式投影型触摸屏通过光学粘合膜与 ITO 直接粘合。这时，根据粘合层、ITO 膜的电阻值有增加的场合，需要与 ITO 品质的匹配性。即如果 ITO 为细线，膜质为非结晶，虽然刻蚀速度快，但是一旦粘合层里混有酸，会直接影响粘合的效果。

丙烯系粘合剂可以提高粘合和耐热性能，所以在单体中多使用丙烯酸。光学粘合剂薄膜制造厂商已经意识到了相关问题，触摸屏的使用厂商也必须要了解 ITO 膜质。电容式触摸屏在感度方面要求介电常数尽可能高，空气的介电常数是 1、塑料的介电常数在 3～4，玻璃的介电常数约为 8。考虑到低反射和介电常数，使用粘合层取代空气层。对于电容式触摸屏，粘合剂的要求是高介电常数、透明性好，与粘合带相比，液晶显示厂商多使用粘合液，通过涂覆和硬化实现粘合功能。在触摸屏领域，主要还是粘合带，将来可能会更多的使用粘合液。

NATOCO 公司正在开发硬膜（Hardcoat Film）的表面自固化涂覆膜。涂覆在薄膜表面的润滑成分可以产生滑力，以此来缓和薄膜表面的受力，防止硬性膜损伤。同时涂覆剂还具有高复元性的弹性成分，阻止外力扩散。一般的硬性膜的交联高分子含量少（交联密度高），分子和聚合物的结构也是硬性的，分子完全被冻结，不能自由运动。自固化涂膜的交联结构是由软部件和硬部件构成的，其自固化功能是由两者的种类、比率、交联分子量及交联的结构决定。据悉，该膜还可以防污。

前文中，对触摸屏的主要材料进行了介绍，日本在这些领域一直处于领先地位，从没有给别人（东南亚各国）赶超的机会。投影型触摸屏对包括安装面材料的区别化要求越来越多。笔者认为，未来伴随着新型材料的设计

与应用，以及液晶显示与控制技术的融合，触摸屏将发展成一个巨大的产业。仅从这一角度来说，也必须加强材料的开发。

参考文献

1) 板倉義雄："タッチパネル用材料の市場および技術動向"、月刊ディスプレイ、Vol.14、No.12、p.46（2008）
2) 板倉義雄："LCD 搭載用タッチパネルの光学設計"、月刊ディスプレイ、Vol.14、No.5、p.18～29 （2008）
3) 城尚志ら：月刊ディスプレイ、Vol. 9 、No.3、p.77（2003）、Vol.11、No.4、p.32（2005）、Vol.13、No.6、p.19（2007）
4) 板倉義雄：月刊ディスプレイ、Vol.11、No.11、p.45（2005）、Vol.15、No.5、p.7（2009）
5) 千種康男：第 20 回月刊ディスプレイ技術セミナー予稿集（2006）
6) 長谷伊通："ITO 代替技術動向"、月刊ディスプレイ、 Vol.14、No.5、p.60（2008）
7) 山本和也ほか："ITO 代替有力候補 Ga 添加酸化亜鉛透明導電膜"、月刊ディスプレイ、Vol.13、No.3、p.83～89 （2007）
8) 城尚志：月刊ディスプレイ別冊「最新タッチパネル技術」、p.202（2009）
9) 黒沢理："静電容量式タッチパネルの最新動向と新静電容量式タッチパネル"、技術情報協会セミナーテキスト(2007.12.21)、黒沢理："静電容量方式タッチパネルの開発"、月刊ディスプレイ、Vol.10、No.12、p.12～18 （2004）
10) 板倉義雄：日経セミナー、「タッチパネル材料の最新動向」(2009.3.19)
11) 矢ケ崎琢也"車載用抵抗膜式タッチパネル技術動向"、第 25 回月刊ディスプレイ技術セミナー予稿集、p.53、技術情報協会セミナー（2007）
12) 塩沢直行："タッチパネル用ペースト材料"、電子材料 Vol.17、No.12、p.49（2007）
13) 山本晃生他：計測制御学会論文集、Vol.40、No.11（2004）
14) グンゼ㈱ホームページ：http://www.gunze.co.jp/denzai/jpn/products/tp/02low_reflective.html
15) 新宮公："電磁波シールフィルム/シート"、月刊ディスプレイ、Vol.8、No.5、p.62（2002）
16) 益子真司：技術情報協会編「最新タッチパネル技術」、耐指紋性フィルム「クリアタッチ」p.137～141、益子真司：「耐指紋性フィルム『クリアタッチ』」、電子材料、Vol.46、No.12、p.54（2007）
17) 木村育弘：月刊ディスプレイ、Vol.14、No.11、p.22（2008）
18) 川上進：Material/Stage、No.4、p.73（2009）

透明导电膜

1 用于电阻式触摸屏的透明导电膜

不论是电阻式触摸屏或电容式触摸屏，都要用到具备透明且有电流通过的 ITO 玻璃或 ITO 膜。ITO 使用稀有金属铟，由于铟面临枯竭的问题，于是人们积极地开发导电性高分子或者微粒子等材料作为 ITO 材料的替代品。再加上增加铟的回收利用，金属铟的枯竭问题得到了暂时缓解。

图 5-1 所示为使用透明导电膜电阻式触摸屏的一般构成。电阻式触摸屏的顶部电极多使用柔性薄膜，为了防止输入损伤，必须使用硬膜层（湿法涂覆）。随着电阻式触摸屏用途的扩大，对应的硬膜层也越来越多。硬膜层分为清洁型（Clear Type）和防眩光（AG）型。使用硬膜层的产品具有硬度好、不易受损、高耐久性、防指纹、防眩光性（高精细液晶显示）、医疗用途的抗菌性及输入时的笔感好等性能。

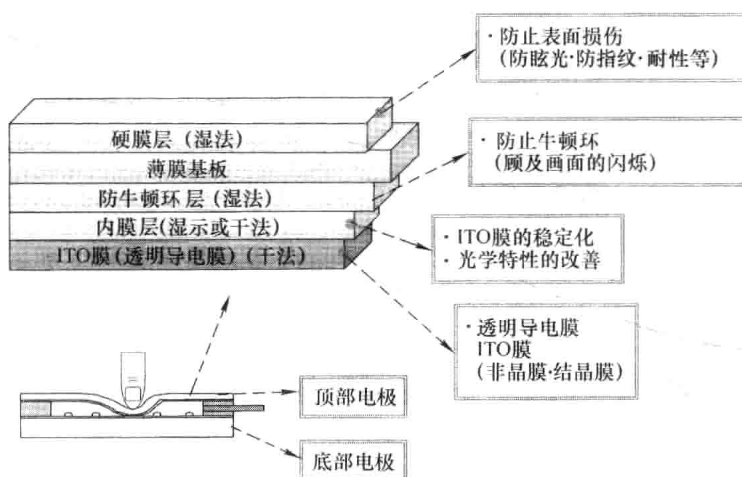


图 5-1　电阻式触摸屏使用的 ITO 膜

此外，不论在底部电极，还是在有硬性膜的顶部电极，都要求有防止工

艺受损和粘着层相匹配的硬膜层。

在电阻式触摸屏中，由于在顶部电极和底部电极之间存在空气层，容易产生如图5-2所示的牛顿环干涉条纹。可以在ITO一侧通过采用改进措施，防止牛顿环的产生。牛顿环是由于在顶部电极与底部电极的距离变很小时，顶部电极界面的反射光照在底部电极界面发生反射后与原来的光线发生干涉而产生的，解决该问题的对策是将ITO面的表面进行粗糙化处理（即防牛顿环层），来减少干涉的发生。

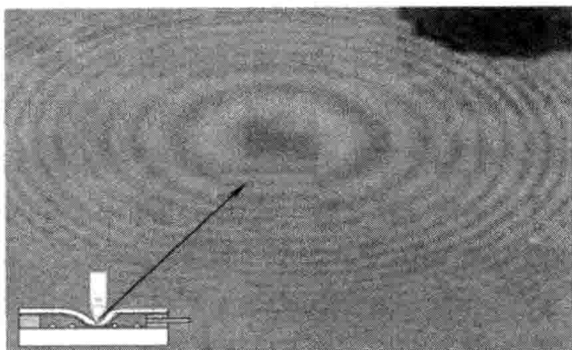


图5-2　牛顿环（光学干涉）

近年来，电阻式触摸屏在移动产品显示中的应用增加了很多。为了满足移动产品对高性能照片和视频功能的要求，液晶显示正朝着高精细化发展。在不降低触摸屏在显示画面的品质时，反牛顿环层和防眩光硬膜层的粗糙化与液晶显示的高精细化相矛盾。因此需要加强粗糙化层的粗度的设计。

作为电阻式触摸屏，在上网本、笔记本、个人电脑一体机的市场处于逐渐上升中。关于大尺寸用途，特别是在尺寸稳定性、表面平整性，对透明导电膜的要求很高。在触摸屏的制作工艺中与使用中，触摸屏的平面性尤其重要。

在实际生产中，要根据产品的要求不同，来选择使用透明导电薄膜的材料。顶部电极输入的灵敏性要求很高。如果透明导电薄膜太厚，就会使输入的动作负载加重；透明导电薄膜太薄，又会使操作松弛且没有弹力，所以一般使用约为0.2mm厚度的薄膜。考虑到层压工艺和输入动作负载，选择有一定硬度并且较薄的ITO薄膜较好。

薄膜基板一般使用PET薄膜。PET薄膜具有很好延展性，在强度、耐

热性和成本方面具有优势。另外，各薄膜厂商还销售低雾度清晰硬膜。此外，高性能产品（摄录像机、数码相机、车载导航等）要求低反射的触控产品，不会直接在最表面设置触摸屏，而是通过在触摸屏内设置偏光片来实现此功能。在偏光片下面使用透明导电薄膜采用的是 PC、PES、COP 系的光学各向同性的薄膜，而不是 PET 膜。近年来，使用上述的薄膜延伸材料的反相位差薄膜作为基板的案例也越来越多。用于电阻式触摸屏的透明导电性薄膜的功能是用作电极，与一般光学薄膜相比较，应多考虑后续的高温加工工艺。

触摸屏制作工艺中，需要对形成电极时的电阻性油墨、为电极接线的银胶、绝缘层、粘合层等进行印刷·干燥工艺。特别是加工银胶时，需要在 120~150℃温度下进行才能接近于膜。因此，设计时需要考虑后续工艺设定的 ITO 膜的稳定性或膜的尺寸稳定性、透明导电膜刻蚀部分中防止从膜基材中分析出不纯物的高温加工等。

电阻式触摸屏的导电膜是相对配置的，输入时两导电层互相接触而检测触摸点的位置，所以顶部电极与底部电极接触点对电阻式触摸屏来说非常重要。

2 用于投射电容式触摸屏的透明导电膜

在电容式触摸屏中，投射型的产品的发展如火如荼。如第 2 章内容所述，它与电阻式触摸屏不同，在不使用透明导电性玻璃时，利用多张透明导电薄膜粘合而成。因此，电容式触摸屏之间不存在空气层，能够大大降低界面的反射，从而避免了干涉条纹和强光的问题，所以说它拥有优越的光学性能。现阶段，虽然不适合文字输入，但它可以实现多点输入操作。

它是通过检测透明电极的电量变化的方式来实现触摸的。透明电极是通过粘合层把多层透明导电膜粘合在一起，在经过层压技术完成的。因此通过设计消除 ITO 膜与没有 ITO 膜部分的不同的可读性，显得格外重要。一般来说，形成模式图案后，抑制 ITO 膜和没有 ITO 膜的部分的反射率以及透过和反射时产生的颜色的差异，也很重要。触摸屏还要考虑到无彩色化。为了更接近玻璃的颜色，需要降低雾度。此外，由于使用粘合层层压工艺，保持透

明导电性与粘合层的一致性也很重要。

3 透明导电膜的表面处理

模拟电阻式触摸屏，可以实现文字输入。透明导电膜面内电阻的均一性对能否正确地输入文字的影响很大。用于模拟电阻式触摸屏的表面电阻一般为 200～1000Ω/□，考虑到触摸屏的检测精度和功耗，500Ω/□左右的电阻值是最理想的。

制作 ITO 膜主要是通过物理气相沉积中的溅射工艺完成的。溅射成膜是在真空装置中，通过真空放电，将惰性气体电离，离子在电场作用下加速运动，轰击靶材，撞击出的靶材粒子飞到基板上堆积形成薄膜的一种方法。溅射成膜的均一性好，长期质量稳定，适合长期、批量生产。电阻值的均一性对模拟电阻式触摸屏显得格外重要，所以溅射成膜最适合制作该类型的透明导电膜。

薄膜基板上的 ITO 线电阻一般是 $3\times10^{-4}\sim1\times10^{-3}\Omega\cdot cm$。薄膜基板优点是柔韧性好、轻薄、不易破碎、成本低。缺点是容许使用的温度范围小，对 ITO 成膜工艺有所限制。PET 薄膜允许的温度在 100 多摄氏度，在该温度下沉积 ITO 薄膜的结晶度不好，直接影响到 ITO 薄膜的性能。为了克服上述的缺陷，开发出低温非晶 ITO 薄膜工艺，再通过退火工艺，重结晶化，完成高性能 ITO 薄膜的制作。

模拟电阻式触摸屏要求的电阻值比其他用途的电极电阻值要高（500Ω/□），所以设计的 ITO 膜一般比较薄。为了确保用触控笔输入使用的耐久性，需要使用多晶的 ITO 薄膜。特别是车载导航，对环境的依赖性要求更高。为了在湿热、高温条件下，仍然能保持 ITO 薄膜的电阻值，通常选择对环境适应性更好的多晶 ITO 薄膜。

4 硬膜层、防牛顿环层的表面处理

随着硬膜层的用途的进一步扩大，要求它能够适用于各种用途。硬膜层

位于顶部电极最上层，是眼睛直接接触的部分。大多数触摸屏是用手指进行操作，输入时经常留有指纹，大大降低了画面的显示品质。市场上经常可以看到一些触摸屏由于指纹而使画面变白、变浑浊的现象。图 5-3 所示为防指纹性硬膜，即使留有指纹，尽量不让它显现或者可以轻易地擦掉。通过一定的方法使留下的指纹与硬膜的界线变得模糊不清，减少由于指纹引起的乱反射，从而使留有的指纹显示不出来。此外，如果指纹成分与硬膜层的界线太清晰，擦的时候指纹成分会扩大，增加了擦去的难度。因此，硬膜层的表面状态成为控制指纹的一个重要因素。比如，硬膜层表面的状态固定时，改变其表面张力，在张力作用下有的指纹很容易擦去，有的很难被观察到。因此，在各种环境条件下，长时间抑制指纹的产生是很重要的。

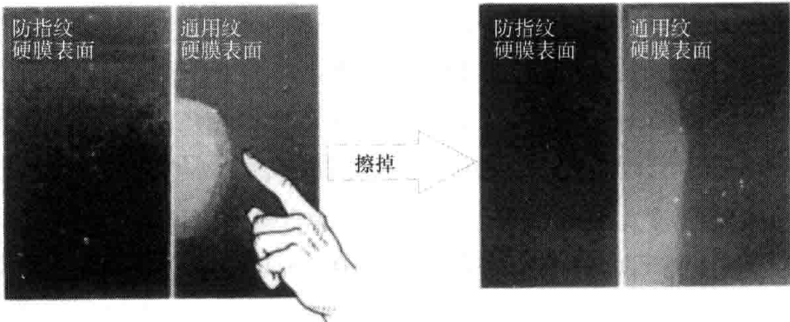


图 5-3　防指纹性硬膜

另外，随着便携设备上使用触摸屏的情况越来越多，在室外使用的机会也多了起来。所以，这几年对触摸屏耐候性的要求也日益提高。一般的硬膜层，通过耐候性试验（ASTM-G154-06），就可以看到硬膜层的逐渐劣化（白浊、裂缝、脱离等），如图 5-4 所示。不过能满足耐候性要求的硬膜层的设计很重要。尤其是因为触摸屏用的硬膜层使用 UV 固化型材料的很多，如果过多地照射紫外线，硬膜层就会固化，最后就会过分固化（收缩），出现裂缝现象或者使硬膜层与 PET 界面的紧贴性变弱，导致硬膜层的剥离。所以，将紫外线考虑进去，选择强耐候性（在耐候性试验中不易发生硬膜层劣化）的材料是很重要的。

用于手机的触摸屏，由于尺寸比较小，排列在显示画面的液晶单元的间隔很小（高精细液晶），所以对用于这种高精细的透明导电性薄膜的要求也

很高。除了高透过率，无彩色等一般要求，还有一些伴随液晶的高精细化而出现的防止眩光，以及在顶部电极与底部电极的距离接近的时候防止出现牛顿环等。由于硬膜层是通过物理方法来抑制表面形状而发挥功能的，所以，防眩光硬膜层和反牛顿环层，是通过湿法涂覆技术与成形技术来形成的。由于这种表面形状的形成方法不同，其特性上的影响也很大，所以湿法涂覆技术也越来越重要了。

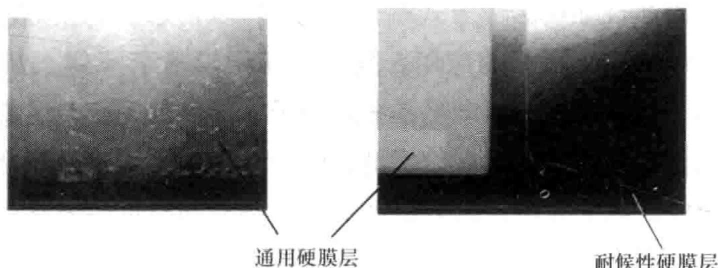


图 5-4　耐候性试验结果

另外，近年在电阻式触膜屏中，在触膜屏的最表面增加硬膜层的情况也增多了。为了实现平坦的表面，需要提高硬膜层的厚度，而为了使整体厚度不变，透明导电膜就要相应地变薄。

5 光学调整层的表面处理

关于透明导电膜，与防反射膜一样是利用折射率的差来控制光学特性的，需要光学调整层的场合逐渐增多。特别是电阻式触摸屏，在顶部电极和底部电极之间存在空气层，光的反射界面有很多。其光学性能低于其他类型的触摸屏。因此，非常有必要提高透明导电薄膜的光学特性。

光学调整层通过干法涂覆技术或湿法涂覆技术而形成。干法涂覆与湿法涂覆相比，湿法涂覆膜的柔韧性更好，可以防止顶部透明电极的弯曲产生膜层的断裂。因此，在因输入而发生弯曲的顶部电极的产品中，使用湿法涂覆制作光学调整层比较好。

近 10 年关于湿法涂覆的材料与膜厚设计的技术得到了迅速的发展。

6 导电性高分子材料

为了寻找 ITO 薄膜的中稀有金属铟的替代材料，业界正在研究的是不含铟的氧化亚铅系材料以及不需要高价真空装置的导电性高分子材料。导电性高分子材料可以通过湿法涂覆方式制作。自 1977 年发现聚乙炔的金属导体性以来，聚乙炔得到了广泛的应用。现在正在开发基于 π 键、具有高导电性的聚噻吩系、聚苯胺系、聚吡咯系等高分子材料，其用途在不断扩大。

导电性高分子材料的优点是价格低，同时不含有害元素，是比较好的环保材料。从导电性高分子材料的导电性、光学特性和稳定性来看，聚噻吩系的材料比较好，其次是掺杂 PSS 的 PEDOT 材料（如图 5-5 所示）。

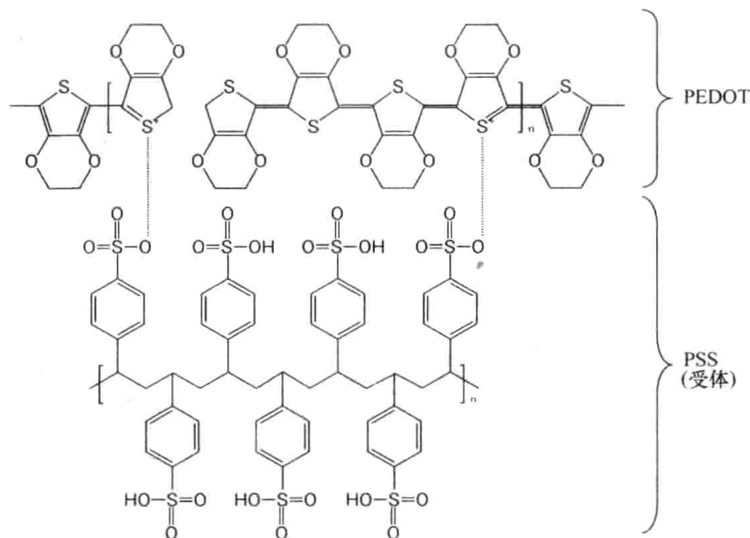


图 5-5　掺杂 PSS 的 PEDOT 材料结构

现在导电性高分子材料已经用在电解电容器、防静电的摄影胶片和发光器件中。业界现在正在研究它在触摸屏、电子纸等产品中的实用性。在塑料薄膜上形成导电性高分子时可以吸收一部分光，产生颜色的改变。此外，环境的友好性及接触电阻特性也需要改善。导电性高分子材料具有很好的输入耐久性和可弯曲性，因此备受关注。制作导电性高分子薄膜的工艺，与其他薄膜的贴附性能及导电的均一性对触摸屏来说，是非常重要的。现在可以在

塑料薄膜上形成电阻值为 300 ~ 1000Ω/□、电阻偏差在 ±1.5% 以内的导电性高分子透明导电膜。从电阻值和光学特性来讲，可以适用在电阻式触摸屏中。今后，它还将有更广阔的发展。

①导电性高分子的环境可靠性

与 ITO 膜相比，导电性高分子材料在环境的可靠性上稍逊一些。受热和水都可以使高分子导电材料的性能变差。因此，如何防止水对高分子导电材料的影响，是工艺设计中不可回避的问题。此外，形成薄膜的方法如涂覆/干燥等也会对透明导电高分子薄膜的性能产生很大的影响。

②电阻式触摸屏材料的整合

在触摸屏中，尤其要注意导电性高分子材料的接触电阻。PEDOT/PSS 系属于 P 型半导体，与 ITO 膜等半导体材料不太相同。电阻式触摸屏主要是通过上下两个电极相接触来检测触摸位置，由于 ITO 膜与导电性高分子材料的接触电阻高，再加上上下电极的接触电阻随着输入动作负载的变化而变化，所以很难模拟仿真电阻式触摸屏。如果上下电极都是 P 型导电性高分子材料，就不会出现上述的问题（见图 5-6）。

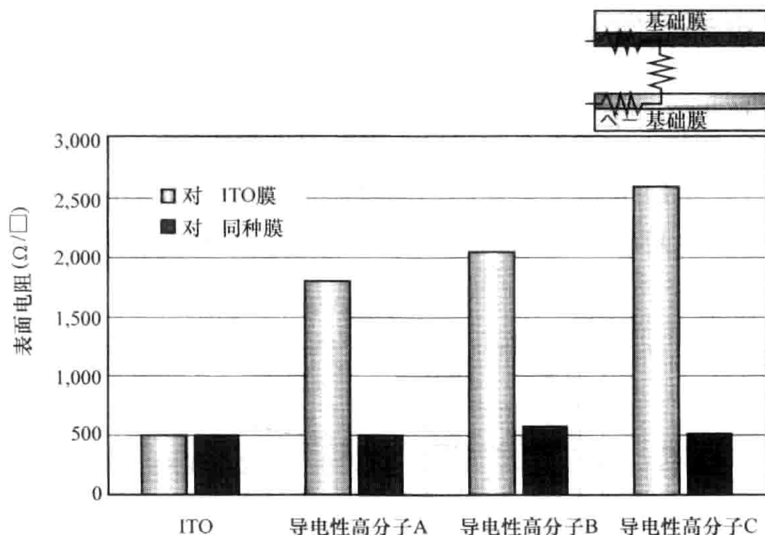


图 5-6 作为电阻式触摸屏的接触电阻

③电极的图案形成

触摸屏的透明导电电极需要图案化。以往 ITO 膜一般通过刻蚀工艺实现电极的图案化，刻蚀使用的刻蚀液主要是酸。导电性高分子材料的缺点是不

能用以往的刻蚀工艺实现图案化。针对上述缺点正在开发用于高分子材料的刻蚀液，为导电性高分子材料的发展铺平道路。

7 碳纳米管

还有一种材料可以通过湿法涂覆的方式形成透明导电薄膜，该材料就是碳纳米管（CNT）。碳纳米管是一个含有碳原子的管状物质，具有很好的导电性、导热性，可以忍受很高的机械强度，是一种很好的电子材料。

CNT 可以分为单层（Single-walled）CNT 和多层（Multi-walled）CNT。单层 CNT 只有一层管，多层 CNT 是有几层 CNT 叠加而成的，它们特性各不相同。

一般来说，单层 CNT 具有良好的导电性，光线的透过率高，适合用于触摸屏透明导电薄膜。但单层 CNT 制造难度大，材料成本高，用作触摸屏的透明导电薄膜需要解决成本的问题。多层 CNT 的导电性能和光线透过率不如单层 CNT 好，但材料费用低，适用于价格低廉具有防静电功能的透明导电薄膜。

用 CNT 制作的透明导电薄膜具有很好的色彩中立性、柔韧性和可靠性，适合批量生产。使用 CNT 制作的透明导电薄膜的优点是不会对显示的色彩产生影响，缺点是不能使用以往酸或碱刻蚀液进行刻蚀，形成图案化。目前

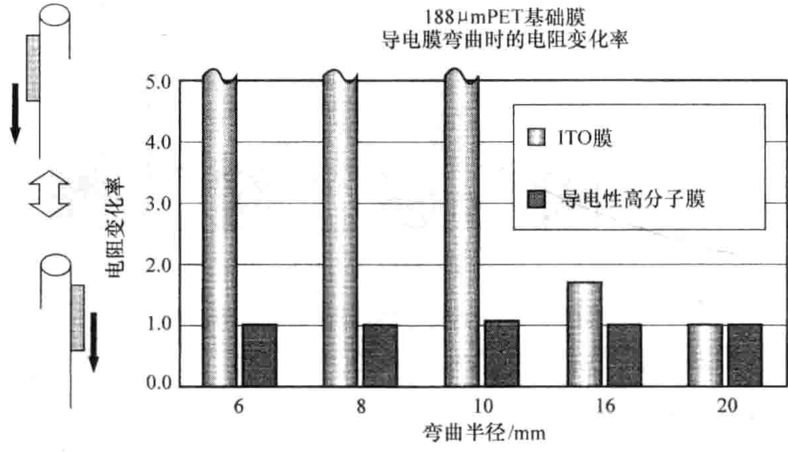


图 5-7　可弯曲性

主要是通过激光刻蚀工艺形成 CNT 导电薄膜的图案化。

导电高分子材料和 CNT 材料与 ITO 膜相比较，虽然有些地方稍逊，但是在柔韧性，可弯曲等性能上，尤其在可弯曲性（见图 5-7），远胜过 ITO 薄膜。

除了触摸屏之外，上述材料的柔韧性还有更多的用途，笔者认为上述材料在触摸屏以外领域的用途将越来越多。

用于触摸屏的胶材料

电阻式触摸屏适用于小型机器，主要是通过丝网印刷等方法印刷各种胶，因此印刷成本低。下面将介绍用于电阻式触摸屏的胶材料，并对投射型电容式触摸屏的适用可能性进行说明。

1 电阻式触摸屏的结构与使用材料

图 5-8 所示为用于电阻式触摸屏的材料。底部电极是带有 ITO 膜的玻璃基板，在其上分别是平行电极和绝缘层，平行电极的功能是提供信号。带有 ITO 膜的顶部电极与底部电极一样，也设置了对应的电极和绝缘层。为了防止不触摸时因上下电极接触而导致的误操作，在上下电极之间设置了点状隔垫物。顶部电极与底部电极通过使用导电胶和各向异性导电胶（Anisotropic Conductive Paste，ACP）实现与外部电路的连接，同时还要使用起固定作用的粘合层。各向异性导电胶把底部电极和外面的驱动电路 FPC 连接在一起。

图 5-8 是触摸屏的结构和使用材料，表 5-5 对图 5-8 中的胶按照其用途和种类进行归类。表 5-6 是使用太阳油墨制造触摸屏的有机材料，以下将对各个材料特性一一进行说明。

2 各种胶材料的特点与要求特性

①用于 ITO 刻蚀的电阻胶

在形成 ITO 图案时，需要 ITO 薄膜的刻蚀工艺，电阻胶的作用是保护其下面的 ITO 薄膜不被刻蚀掉，完成 ITO 的刻蚀工艺后，通过碱性溶液玻璃 ITO 薄膜上面的电阻胶，完成 ITO 薄膜的图案制作。

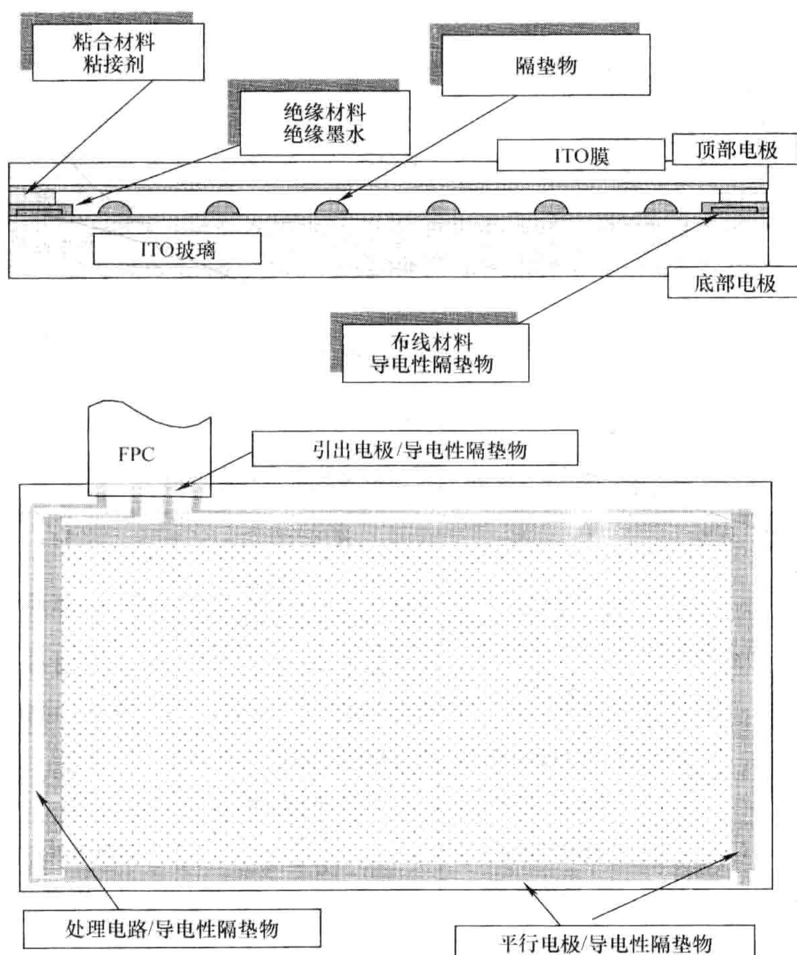


图 5-8　电阻式触摸屏的结构与材料

表 5-5　电阻式触摸屏的材料

用　　途	种　　类	分　　类
ITO 膜的图案化	刻蚀电阻胶	紫外线硬化型
		热干燥型
		光固化型
确保上下 ITO 膜的电容防止接触	隔垫物用胶	紫外线硬化型
		热硬化型
		光固化型
形成电极、电路	导电胶	热干燥型
		热硬化型

（续）

用　　途	种　　类	分　　类
确保上下布线电极的绝缘性 防止短路	绝缘胶	紫外线硬化型
		热硬化型
		紫外线＋热硬化层
贴合上下基板	粘合胶	紫外线硬化型
		热硬化型
驱动电路和电器的接触	各向异性导电胶(ACP)	热可塑型
		热硬化型

表 5-6　太阳油墨制造的触摸屏有机材料

种类	分类	型　　号	硬化条件	特　　征
刻蚀阻挡墨水	热干燥型	X-87	60℃/10～20min 100℃/3～7min	碱剥离型
		X-100	60℃/10～20min 100℃/3～7min	碱剥离型 高精细
	光刻型	IMAGEFINER® TER-20 SC05	预硬化:80℃、30min 露光:80mJ/cm^2	碱剥离型
导电胶	热干燥型	ECM® -100 AF5000	120～150℃、30min	电阻率:$5\times10^{-5}\Omega\cdot cm$ ITO 粘附性良好
	热硬化型	ECM® -100 AF4820	90～120℃、30min	比抵抗:$5\times10^{-5}\Omega\cdot cm$ 低温硬化
		ECM® -100 AF4500	90～120℃、30min	比抵抗:$5\times10^{-5}\Omega\cdot cm$ 高精细
绝缘胶	热硬化型	RCA® -3000	90℃、30min	【开发品】 PET 粘附性良好、透明性良好
	紫外线硬化型	RPC® -1000	1000mJ/cm^2	【开发品】 PET、ITOへの粘附性良好
		UVCF-535G	1000mJ/cm^2 (＋150℃、30min)	作业性、短时间硬化
接粘合胶	热硬化型	RCA® -2000 LT210 /AD100 LT110	预干燥:50～80℃/1～2min 热压:80～160℃	2 液型 PET 粘附性良好

根据ITO刻蚀电阻胶形成图案化的方法可分为三种：第一种，紫外线固化型；第二种，热干燥型；第三种，光刻型。按照剥离方法可分为溶解型与膨胀型。与印刷基板类似，ITO的刻蚀液还可以用在印刷基板产品中。

根据其用途，紫外线固化型电阻适合于大量生产；热干燥型电阻胶与其下层薄膜的附着力好；光刻型电阻胶可以通过光刻工艺形成精细的图案，适合用于matrix方式和投射型电容式面板的ITO刻蚀工艺。

②点状隔垫物（dot spacer）胶

根据点状隔垫物paste的图案化方法也分为三种：紫外线固化型；热固化型；光刻型。热固化型点状隔垫物胶特点是可以通过印刷工艺形成半径30μm左右大小的半球面，制作成本低。紫外线点状隔垫物胶的生产性能最好，形成的点状物型形状稍逊于热固化型。光刻型用于更加精细的点状隔垫物的图案。

点状隔垫物最重要的性能指标就是粘附性。粘附性低，在使用过程中就容易发生点状物的移动。柔软的隔垫物材质，笔感好，但太柔软的话，在使用中可能会发生点状物的断裂，扩散形成粉末。太硬则容易划伤顶部电极的ITO膜，导致误操作。最近，触摸屏和液晶面板正在向高精细化、高品质化发展，对它的光学性能要求会更高。

③导电胶

用于连接电极和外部电路的导电胶有两种：①热干燥型；②热固化型。热固化型导电胶通常是环氧型的，其固化温度在90～150℃左右。今后希望开发出在70～80℃左右的低温固化的导电胶。热干燥型导电胶的干燥温度主要在120℃，温度低于120℃也可以使用，但考虑到印刷工艺的粘度变化和堵塞，使用120℃的是比较好的。

表5-7是用于丝网印刷中导电胶的特性。基本特性要求有适于印刷的粘度、硬化条件、线电阻以及与基材粘附性等。此外，根据用途的不同，还需要硬度、耐弯曲性等各种各样的要求。电阻式触摸屏的导电胶除了基本特性外，也需要一些与ITO薄膜相匹配的特性。

电阻式触摸屏顶部电极因使用ITO膜，其固化温度要低于150℃，最理想的温度是在120℃以下。最近使用耐热性比PET低的薄膜基板，要求更低的固化温度，最适合的材料是AF4820，它能够在90℃实现固化。由于底部电极形成在玻璃基板上，没必要进行低温工艺。但最近也有在底部电极中使

用 ITO 膜的情况，可见未来使用能够低温固化的导电胶的可能性将越来越大。

表 5-7　丝网印刷中导电胶的特性

项目	AF5000	AF4820	AF4500	备注
外观	银灰色	银灰色	银灰色	依靠目视
类型	热干燥	热硬化	热硬化	
粘度/dPa · s	105 ± 15	145 ± 15	250 ± 30	锥板粘度计（50r/min、25℃）
硬化条件	120 ~ 150℃、30min	90 ~ 120℃、30min	90 ~ 120℃、30min	热风循环炉
非电阻/Ω · cm	5×10^{-5}	5×10^{-5}	5×10^{-5}	
密着性	100/100(PET)	100/100(PET)	100/100(PET)	百格法
铅笔硬度	H	H	H	
储藏稳定性	6 个月(25℃)制造后	2 个月(5℃)出货后	2 个月(5℃)出货后	

在电阻式触摸屏中，提高 ITO 薄膜与导电胶的粘附性，即改善导电胶与 ITO 膜接触电阻稳定性显得格外重要。在电阻式触摸屏中，导电胶与 ITO 膜接触电阻发生改变会直接导致误操作。

接触电阻及其偏差的变化对触摸屏的性能影响很大，保持 Z 轴方向导电性，减少 ITO 薄膜的残余应力，对导电胶的灵敏性要求格外严格。

与以往的导电胶相比，AF5000 是专门为了解决与 ITO 薄膜接触电阻而设计的。可以肯定的是，它与各种 ITO 薄膜的接触电阻都比较稳定。因此，导电胶与 ITO 薄膜的匹配性是选择导电胶的一个重要因素。在触摸屏中 ITO 薄膜决定着产品的光学特性，所以选择与 ITO 薄膜匹配的导电胶是很必要的。在此之前，带有 ITO 薄膜的基板一般都是 PET，考虑到基板的光学特性及表面特性，选择使用聚碳酸酯（PC）等材料制作基板的情况也逐渐增多。笔者认为，选择导电胶材料的重要因素是该材料与 ITO 膜匹配性能的好坏。

导电胶的粘附性是评价导电胶与 ITO 薄膜匹配性好坏的一种简单的方法，表 5-8 和表 5-9 是评价结果实例。

通过表 5-8 可知，随着导电胶与 ITO 膜固化条件的变化，其黏附性也随之改变。另外，剥离部分不仅仅是导电性膜与 ITO 膜之间的界面，有时还是

ITO 膜与基材的界面。所以评价时得注意。表 5-9 表示的是在导电胶上面形成绝缘层后，所进行的粘附性测试结果。虽然导电胶单独的粘附性很好，但是在导电胶上形成绝缘层时其粘附性会降低。有实例已经证实使用绝缘层会对导电胶与 ITO 薄膜的粘附性产生影响。

表 5-8 导电胶与 ITO 薄膜的粘附性

ITO	导电胶		
	AF5000	AF4820	
	120℃	90℃	120℃
ITO 膜(A)	○	○	△、※
ITO 膜(B)	○	○	×、※
ITO 膜(C)	○	○	×、※
ITO 膜(D)	○	○	×、※

百格法：100/100：○、50～100/100：△、～50/100：×※ITO 膜剥离。

表 5-9 导电胶与 ITO 基板的粘附性

基板	仅导电胶	导电胶上形成绝缘层
	AF5000	AF5000/RPC-1000 样品
ITO 膜(E)	○	○
ITO 膜(F)	○	×
ITO 膜(G)	○	×
ITO 玻璃	○	○

百格法：100/100：○、50～100/100：△、～50/100：×

④绝缘胶

根据绝缘胶固化方式不同，可分为两类：①紫外线固化型；②热固化型。绝缘胶要具有很好的绝缘特性与粘附性。另外，如表 5-8 所示，导电胶与 ITO 薄膜基板的匹配性非常重要，它能够保持结构的稳定性。现今对特性的要求已进一步提高，要求银的耐迁移特性，同时还要提高与 ITO 薄膜的粘附性。

⑤粘合胶，粘合带

设计较小的 ITO 玻璃与 ITO 薄膜盒厚时，有时要使用粘合胶。粘合胶有热干燥型、热固化型和 UV 固化型。与双面胶相比，它可以形成粘合层，缩短工艺。如盒厚比较大时，一般用双面粘合带。

⑥各向异性导电胶与各向异性导电膜

连接电极到FPC部分的是各向异性导电胶ACP或各向异性导电膜ACF。薄膜基板的顶部电极与玻璃基板的底部电极连接使用的也是ACF或者ACP。ACP和ACF分为热固化型与热可塑型。此外，还有采用热胶合的情况。最近已经完成低温、快速固化型ACP和ACF的开发，并开始使用。

3 投射电容式触摸屏的结构与使用材料

下面介绍下投射电容式触摸屏的结构。前面已经介绍过在玻璃基板的两面形成透明电极以及在玻璃基板的表面通过绝缘层层压技术形成*X*轴电极和*Y*轴电极。图5-9所示为投射电容式触摸屏结构，使用的是带有ITO的薄膜基板，同时还使用表5-5中的胶材料。将ITO图案化之后与形成图案的PET薄膜基板组合，形成触摸屏。使用导电胶形成配线，连接电极与外部驱动电路。此外，可以通过激光式干法刻蚀工艺或者湿法刻蚀工艺实现ITO的图案化。

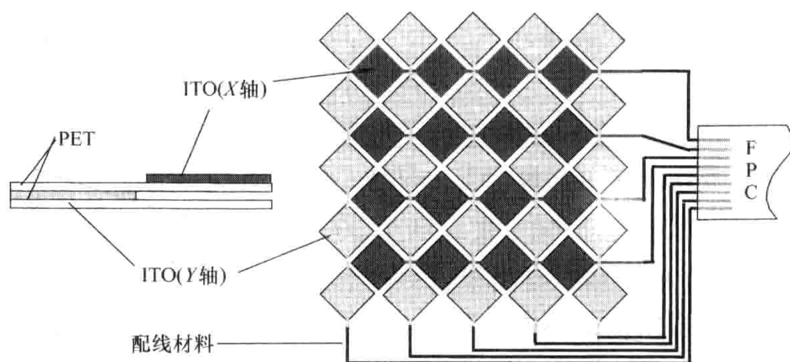


图5-9　投射电容式触摸屏的结构

投射电容式触摸屏与电阻式触摸屏一样，都需要形成精细的ITO电极图案，要求具有高精度分辨率的光刻胶。随着电极数目增加，配线也变得复杂，需要可以通过印刷技术形成100μm以下的细线导电胶。以往的导电胶无法达成这个精度，从而开发了高精度的导电胶AF4500。图5-10是使用AF4500导电胶通过印刷技术形成100μm以下的配线：用粘合剂将*X*轴与*Y*

轴粘合，再与 FPC 连接。在玻璃基板也有通过薄膜图案化的工艺形成配线的。

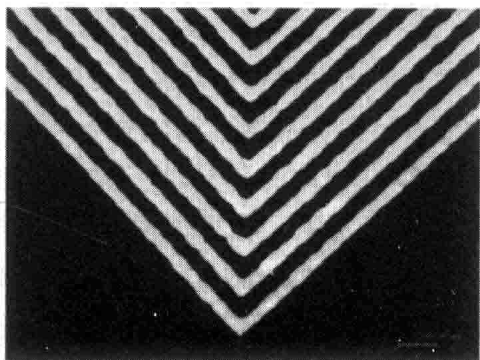


图 5-10　AF4500 印刷形成的配线（配线宽 30 ~ 50μm）

以电阻式触摸屏的结构为例，说明了所使用的胶材。所有工艺都可以通过以往的丝网印刷工艺完成，可以降低制作成本。刚开始时普遍应用在以 PDA 为中心的移动终端产品中。近年，随着显示器件向大型化、窄边框化的发展，要求与之匹配的精细化图案导电胶，从而还要求提高印刷技术。随着投射电容式触摸屏产量的增加，及电阻式触摸屏触摸录入技术的发展，对导电胶的需求量日益增加。

触摸屏还作为人机界面不断地发展。正在进行低温固化、高精细化和低电阻化导电胶开发，以满足不断发展产品的需求。此外，导电胶的用途也不断地扩大。开始应用在有机太阳电池配线以及 RFID 标签卡的天线中。导电胶可通过低温印刷技术，形成长配线，它在产品开发中将发挥着重要的作用。

参考文献

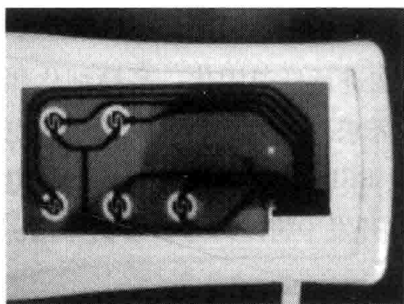
1) 日経エレクトロニクス、日経 BP 社、No.979、p.43（2008.6.2）
2) 前田年史：月刊ディスプレイ、Vol.3、No.9、82（1999）
3) 矢ヶ崎琢也他：タッチパネルの技術と開発、シーエムシー出版、p.80（2004）
4) 川村正行：よくわかるタッチパネル、電波新聞社、p.49（2004）
5) 塩沢直行：電子材料、Vol.46、No.12、p.49（2007）
6) 小松通郎他：透明導電膜の新展開、シーエムシー出版、p.258（1999）
7) 田近弘：ポリファイル、Vol.38、No.5、p.34（2001）
8) 谷佳洋：MATERIAL　STAGE、Vol.8、No.12、p.39（2009）
9) 塩沢直行：コンバーテック、10、p.72（2008）
10) 三谷雄二他：月刊ディスプレイ、Vol.9、No.1、p.86（2003）
11) 中川英司他：月刊ディスプレイ、Vol.9、No.6、p.35（2003）
12) 黒沢理：NE アカデミー「タッチパネルの最新技術動向と今後の展開」テキスト、p.21（2009）
13) 三谷雄二：NE アカデミー「タッチパネルの最新技術動向と今後の展開」テキスト、p.1（2009）

技术说明

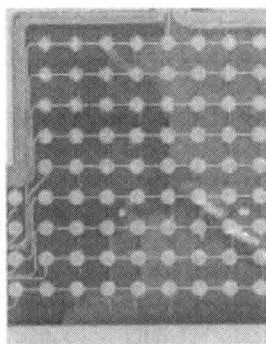
导电墨水与丝网印刷

从20世纪70年代中期，导电墨水，尤其用在丝网印刷中的银胶导电墨水，开始在市场上普及。银胶导电墨水是将捣碎的银粉末与树脂混合，再将其墨水化。当时，银的粉碎技术低，出现过粗劣的银胶，随着技术不断革新，现在的性能有了很大的提高。受到银价的影响，其价格一直比较高。

开始使用银胶时，主要是用在FPC电路薄膜开关上。薄膜开关具有以下优点：可以使用丝网印刷方式在PET基板形成电路配线，其表面比较平坦；可以以更低价格制造比基板更薄，更柔软的电路。即使到现在，薄膜开关的主流材料还是银墨水（见照片1、2）。



照片1



照片2

银胶导电墨水的电阻对产品的性能有很大的影响。刚开始普及的时候，银胶导电墨水的电阻值比较高，在10^{-3}~10^{-4}Ω/□之间，称为高电阻银胶导电墨水。现在的标准是10^{-5}Ω/□。低电阻银胶导电墨水的电阻值为10^{-6}Ω/□。银胶导电墨水的电阻值越低，电流越大，就可以减少功耗、发热。

为了降低银胶导电墨水的电阻，印刷在PET基板上的银胶导电墨水必须经过高温干燥（100℃以上，银墨种类不同，干燥温度也有所不同）。如前所述，一般是在PET基板上通过印刷而形成薄膜开关的。PET基板经过

加温时，发生收缩。基板收缩，其上的印制电路也会收缩，尺寸的精度就会变差。

对 PET 材料进行预退火处理，可以防止上述收缩情况的发生，然后再进行印刷干燥工艺。预退火处理就是事先对材料施加高温，使材料发生收缩。如果退火处理得不充分，在银胶进行高温干燥时，PET 会再次发生收缩现象，致使产品失败，所以必须要充分做好退火处理。照片 3 和照片 4 表示的是在热风炉对 PET 材料进行退火处理的照片。



照片 3



照片 4

银胶导电墨水是金属墨，有易氧化的缺点。因此，尽量不使银胶导电墨水暴露在空气中。

为了防止银胶导电墨水直接接触空气或湿气，在除了接点以外的银胶导电墨水配线上覆盖碳墨，接点的部分覆盖上电阻墨。

一般来讲，随着印刷工艺增多，成本也随之会增加。为了低成本化，也有将银胶导电墨水与碳墨混合，使用电阻墨覆盖，减缓氧化速度的情况。

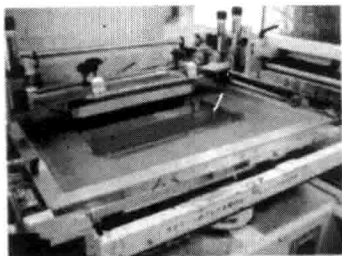
在薄膜天线上，也开始使用银胶导电墨水。最近几年，道路交通法的修订中限制使用车载棒状天线和分集天线。七八年前，薄膜天线开始应用在导航器、车载电视机等产品中，用来接收信号。最近，笔者发现薄膜天线越来越多地应用在汽车的前后玻璃上。通过印刷技术可以将导电性好的银胶导电墨水印刷在透明 PET 薄膜上，形成天线，使用此方法就可以非常方便地制作各种各样的薄膜天线。

以前使用的电磁波是模拟信号，波长比较长，为了更好地与电磁波匹配，所以天线做得都比较长；最近使用的电磁波逐渐演变成波长比较短的数字信号，所以薄膜天线的长度也就相应地改短了。

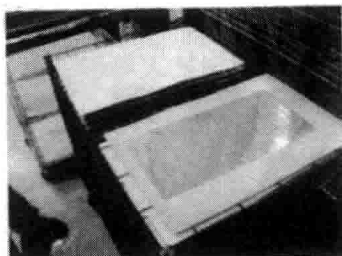
为了与数字信号匹配，薄膜天线变得更加紧凑，妨碍驱动的因素也相应

地减少。虽然天线变细可以降低干涉，但是配线越细，银胶导电墨水的电阻值就越高。银胶导电墨水电阻的大小对汽车驾驶的安全性有着重要的影响。

薄型开关与天线一样，其主要部分是使用油墨覆盖的，但是为了不降低视角，使用高透明性油墨进行覆盖。使用丝网印刷技术容易对应各种长度和形状的产品。照片 5 表示的是在丝网板上放置好银胶导电墨水，即将进行印刷的状态；照片 6 表示的是在 PET 基板上已经完成薄膜天线的印刷。



照片 5



照片 6

与一般色能的彩墨相比，银胶导电墨水完全不同，人们最关注的是它的导电性。它主要应用在薄型开关的 FPC、使用薄膜天线的产品、用于接地的屏蔽层，或者印刷成特殊的卷线等对图形化精度不高的产品中。

随着时代的进步，各种高性能的产品都正在开发。难道就不能开发出可以使用 0. 1mm 的极细印刷和 2μm 左右的薄膜产品中的低电阻高性能的银胶导电墨水吗?

考虑到节能和环保、防止全球变暖的因素，很有必要开发节能的银胶导电墨水。期待在不久的将来，能够开发出这种导电墨。

粘合剂

近年来生活中都充满了触摸屏，其优点是可通过触摸非常容易地看到希望发生的动作。以前售票机、银行的 ATM 等产品只拥有简单的开关功能。近年来随着技术进步，可实现各种操作。从点输入过渡到线输入，接着是手写的文字输入，后来又可以移动到影像上。此外，响应时间也变得更快了，可以对应速度感极强的电子游戏。最近，又从单点触控发展到以 iPhone 为代表的多点触控，可以用多个手指来进行画像的扩大、缩小、旋转、发送等一系列复杂的操作。

触摸屏的主要结构是薄膜、玻璃、塑料板的层压体，使用粘合剂把他们粘合在一起。随着技术的进步，触摸屏的结构也变得更加复杂。为了实现薄膜化、轻量化，触摸屏的组成材料在逐步改善，同时对粘合剂性能要求也提高了。具有粘合性优越、再剥离性，易与设定膜厚匹配的丙烯基黏着剂的市场变得越来越好。

以下将着眼于触摸屏的主流类型——电阻式与电容式，就它们对丙烯基系粘合剂的性能要求与设计进行说明。

1 关于丙烯基系粘合剂

粘合剂有丙烯基系、胶系、硅系等。其中丙烯基系粘合剂的透明性很好，在聚合过程中容易控制分子量、进行交联的操作。此外，因其具有丰富的单体，能够自由控制玻璃转化点温度（T_g），容易满足性能的要求。

用于触摸屏的粘合剂，要求其具有好的透明性、耐久性、耐热、耐老化性。此外，触摸屏部材的种类和结构很多，对应的物质特性也很广泛，这一点将在后面进行说明。因此，在丰富的单体中，可以选择使用最利于目标物质特性设计的丙烯基系粘合剂。考虑到耐久性，相对于乳浊液溶剂型会更好。

一般来讲，溶剂型丙烯基系粘合剂的凝聚力比较低，所以一般会使用交联剂。交联剂主要是异氰酸酯、环氧树脂、氮丙啶化合物、金属螯合物等。

控制丙烯基系粘合剂的性能的因素有分子量、分子量分布、单体配合、交联密度、增粘剂、其他添加剂等。考虑到性能的要求，可以将这些因素组合后进行优化。

2 触摸屏用粘合剂

①粘合胶，粘合带

电阻式和电容式触摸屏最普通的结构如图 5-11 和图 5-12 所示。之前也讲到，触摸屏单元是由各种层重叠的层压体，根据其用途及使用环境来选择各层的材料。比如，要求坚固性和透明性时，可选择玻璃；要求轻量化、薄膜化、低成本化，可选择 PET 薄膜。支撑体要求坚固，所以选择玻璃或者聚碳酸酯的比较多，黏着剂用于各层粘合。如果置于加热或温热条件下，将不同的材料粘合起来，就会受到各种热膨胀或收缩现象的影响，出现问题。

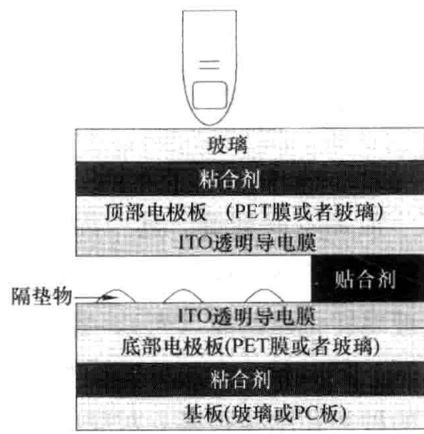


图 5-11　电阻式结构

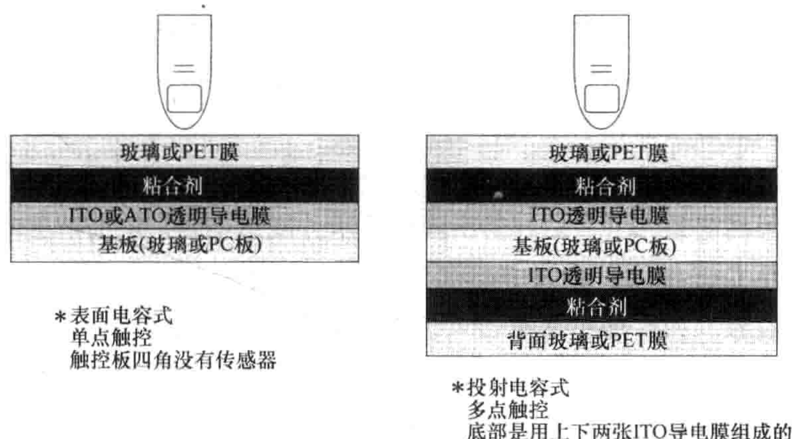


图 5-12　电容式结构

要求性能与对策

（1）透明性，外观

触摸屏安装在液晶显示屏或等离子屏的最前端，它对画面显示效果会有影响，所以触摸屏采用的材料和粘合剂要有很好的透明性。丙烯基系粘合剂本身就有很好的透明性，但是为了找出目标物质特性，有时会使用增粘剂。这时就有必要注意着色、混浊的发生。此外，为了不使异物混入，发生凹下的问题，加强工艺过程中的管理也是很有必要的。

（2）耐久性与可靠性

与液晶显示屏和等离子屏一样，触摸屏也用于各种用途，也有被置于高温或低温，甚至高温、高湿的环境中的情况。在这样的环境中，粘合剂不能产生发泡、剥离等问题。

● 高温条件

在高温条件下，粘合剂最容易发生发泡的问题。在安装时，虽然有时会有异物混入，但大多数情况下都是混入细微的气泡，在常温下不易观察到，但是在高温下会膨胀，非常容易看到。对于混入的细微气泡，最有效的处理方法是高压处理。此外还可通过增加交联剂，提高凝聚力来抑制发泡。

如果在基板上采用聚碳酸酯，那么混在材料里的未反应物质，水分可能会引起脱气（Out Gas），从而可能会导致出现气泡、剥离等缺陷。应通过提高粘合剂对聚碳酸酯的粘合力，以防止这种缺陷。

由于高温发生的另一个缺陷是卷曲。其发生的原因是各类不同的材料在

粘合的时候，热膨胀和收缩的程度不同。卷曲现象发生时，不仅仅是弯曲的问题，严重时还会剥离。与抑制各材料的尺寸变化一样，有效的解决方法是提高粘合剂的凝聚力和 T_g，进行强力粘合。

● 高温高湿条件

在高温高湿条件下，最容易出现由于水分浸透粘合剂层而产生的白化现象。如果是 G/F 结构，玻璃中心部分基本上不会被水浸透，所以会在外围出现白化现象。如果是在薄膜之间或者薄膜与聚碳酸酯间粘合，由于水的浸透，整体都会变白。另外，根据触摸屏的类型和做法的不同，有时粘合剂会涂得很厚（25 ~ 175μm），这样可以更好地确认，抑制这种白化现象，控制聚合物中水分的含量。

● ITO 透明导电膜的耐腐蚀性

对于电容式触摸屏，一般是 ITO 透明导电膜与粘合剂层相接触，所以耐腐蚀性是电容式触摸屏必须要考虑的一个性能。粘合剂的成分不同，有的含有腐蚀 ITO 的成分。防止 ITO 腐蚀的有效方法是选择非腐蚀性的单体或者是添加防腐蚀剂。

现在的触摸屏市场以任天堂 DS、iPhone 的登场为开端，正在快速地发展，其发展速度令人吃惊。虽然现在是以便携式游戏机、手机等小尺寸的产品为主流，但今后，也可能会应用到家庭电脑，触摸屏市场会更加强大。

触摸屏有很多驱动方式是一样的，但根据做法与结构的不同，其粘合剂不同，性能也不一样。触摸屏正处在开发的热潮中，可以预测今后对粘合剂的特性要求还会提高。笔者认为随着触摸屏市场的成长，粘合剂性能的提高将变得非常必要。

光学用PSA

以下主要讨论内容是感压性粘合剂（Pressure Sensitive Adhensive，PSA），它是一种具有弹性的粘合物。具有光学特性的PSA主要应用在触摸屏的底部电极与液晶显示屏的间隙（Gap）之间。

1 底部电极板对间隙层的性能要求

树脂系列的亚克力板、聚碳酸酯（PC）板、强化玻璃板具有耐折断性，经常用在底部电极基板上。随着对触摸屏画面可读性性能要求的提高，包含液晶显示屏在内，要求间隙层的厚度越来越薄。

安装在液晶显示屏上的触摸屏，在中间层上表面和里面，光的反射率都是2%，故共有4%左右的光被反射掉，导致可读性降低。光反射率增加会降低可读性，尤其降低室外的可读性，而光源的亮度取决于电池，如果增加电池容量，可为手机、相机、电子记事本等显示器件提供10h左右的续航时间，但必将增加电池重量，这在追求轻薄的时代是不能接受的。中间层的反射率在2～4%左右，透光性在93%以上，可以在不牺牲可读性的前提下，使用具有很强吸收性的弹性粘合物做中间膜，可以防止玻璃散射，提高整体屏幕的可读性，尤其是室外的可读性。

2 底部电极板与液晶显示屏间隙层的课题

关于间隙层的课题主要有以下三点：

①间隙层的厚度设定在0～50μm之间。

②消除间隙层光折射的损失，提高可读性。

③提高间隙层对触摸笔、手指等应力的缓和功能。

①间隙层的厚度

间隙层对触压应力有缓冲的作用，作为保护液晶显示的预留空间而存在。提高缓和应力的有效方法是将间隙层的厚度增加到 1 ~ 5mm，但这与器件的轻薄化设计理念相矛盾。除了携带用的小型产品，将间隙层的厚度设计为 50μm 是很有难度的。在 40in 产品中，四周与中心位置 Gap 层的厚度差可达 1mm。

②消除光折射的损失

尽量将间隙层中光折射率为 1 的空气层、光折射率为 1.3 ~ 1.4 的电极板及液晶显示板的折射率弄成相同的。

③提高应力缓和功能

用透明弹性粘合物或粘合剂来粘合底部电极板与液晶显示屏，但如果因其弯曲性差，贴附时没办法压好，导致气体混入，可读性的改善就变得遥不可及了。树脂系的电极基板因树脂浇注发生失真、吸湿、线性膨胀等问题，会导致变形。0.7mm 厚的 100mm × 100mm 丙烯基板面方向的形变最大可到 9%，使上部电极的响应速度、图像变形与气泡、粘合界面上形成空洞等方面出现一系列问题。

注入液体状树脂的固化方法，一般都是通过紫外线，1 ~ 2min 内完成固化。紫外线固化方法中的难点是由于缩合交联而引起的光学变形和空洞、紫外线未照射部分的单体残留以及返修（再粘贴）等问题。这种收缩变形直接影响 10 ~ 60in 大型产品的合格率。

3 用于触摸屏的光学 PSA 课题

对用于 TP 的光学 PSA 性能的要求如下：

①透光性在 93% 以上。

②具有应力缓和性能。

③可返修性（再粘贴）。

④没有气泡、变形。

要得到透光性的指标，即透过率在 93% 以上的话，主要是以有机玻璃为主的丙烯酸甲酯系的材料。关于应力缓和性能与返修性，是设计其柔硬性

平衡的一个难点。

丙烯酸聚合物 PSA 的平均分子量为 8～15 万，润湿度大，易低温流动，给返修带来一定的困难。聚合物最适合的平均分子量是 80～300 万，平均分子量超过 500 万，应力缓和性能就会变差。T_g 值在 -10℃ 是比较好的，超过 0℃，流动性不好，容易剥离。

为提高返修性能，可在丙烯酸聚合物上添加分散粒径在 0.01～10μm 之间的亲油性无机填充物，但能否满足雾度低于 1.5% 和光透过率超过 93% 性能指标，还不确定。如果不考虑成本，可以把分散粒径调到光的波长以下就可以了。

如果将丙烯酸聚合物的总量设为 100，添加 0.1～0.5 的剥离性硅树脂，既可以得到黏性，也可以实现再现性，但是会有 5～10% 的雾度，降低透光性。

气泡，可以通过设计组成聚合物的分子量和 T_g 来解决，但是在进行镀膜工艺时，要注意交联的完成与交联方法。将 PSA 粘在树脂基板，可能发生 10～100μm 左右细微的发泡现象。丙烯酸树脂经常可以看到这种现象，主要是因为丙烯基系 PSA 的交联剂甲苯二异氰酸酯（TDI）、二苯基甲烷二异氰酸酯（MDI）与非交联成分异氰酸酯和被粘合体的羟基（包含在丙烯基树脂的水分）发生反应而生成。异氰酸酯基与水发生反应生成氨基甲酸、二氧化碳和胺。气泡正是由于上述反应过程生成的二氧化碳所引起的。

空洞在玻璃板之间很少出现，在树脂基板中会经常出现。这与玻璃基板和树脂基板膨胀系数有关，但主要因素还是由于形成树脂基板的性能和方法所决定。树脂基板由于受热、吸湿等原因而发生变形，再加上硬性膜的收缩、配向层的残留变形、环境的不稳定以及弹性粘合物不完全吸收，就会在粘弹性体的界面形成残渣痕的空洞。

通过以上几点，用作底部电极板与液晶显示屏的间隙层的填充物，PSA 与液状注入紫外线固化方法正在逐渐被使用。图 5-13 和图 5-14 是 PSA 形成的气泡和空洞。

4 PSA 弹性粘合物的粘合课题

PSA 具有弹性，在底部电极板与液晶显示屏粘合的过程出现的问题主要

是：①空气混入；②返修性（再粘贴）。



图 5-13　气泡

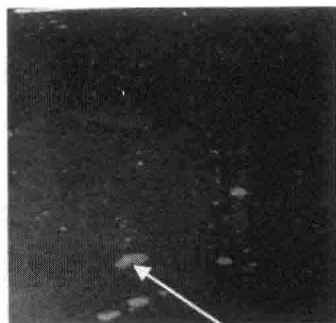


图 5-14　空洞

对于空气的混入，如果将贴有 PSA 的玻璃板不使用压线方法而是使用垂直方法贴在液晶显示屏上，最大会有 47% ~64% 的空洞。使用高压处理器可以有效地排除空洞，但那只在挡板附近比较有效，能否做到真正的排气，还不确定。考虑到对液晶显示的影响，尽管真空粘合比较好，但是实际操作上还是有些难度。

这里的返修性评价与前面提到的可返修性不同。前面评价的主要是剥离贴在底部电极板或者是液晶显示屏的 PSA 是否可行，而现在评价的是底部电极板与液晶显示屏被粘起来的返修性，即剥离性能。这里讲的是，在制造工艺中发生位置偏移或其他问题而进行的返修。一般来讲，基板与基板粘在一起，如果不发生破坏，一般是不可以剥离的。

使用脱气剂的贴合方法

层压方法可以解决上述的问题。在使用 PSA 粘合底部电极板与液晶显示屏时，可以先滴些脱气剂后，再进行粘合。共有两种方法，即单面贴与双面贴，其层压顺序如下。

单面贴适合于倾斜度较少的 10in 以下的层压板，其步骤如下：

①在底部电极板上贴附 PSA；②在液晶显示上滴下脱气剂；③层压底部电极板与液晶显示屏，如图 5-15 所示。

双面贴适用于倾斜度大的 10in 以上的层压板，其步骤如下：

①在底部电极板贴上 PSA ；②在液晶显示屏上贴上 PSA；③在液晶显

示屏的 PSA 面滴脱气剂；④层压底部电极板与液晶显示，如图 5-16 所示。

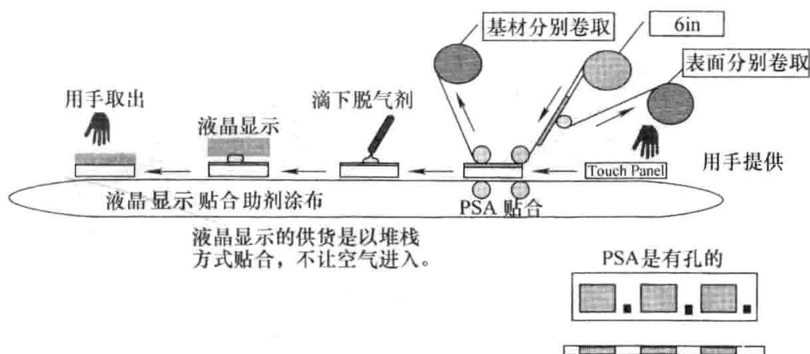


图 5-15　单面贴合方式

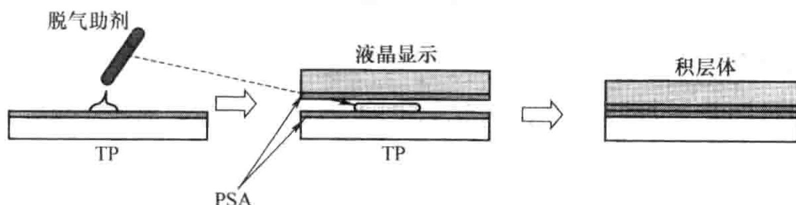


图 5-16　双面贴合方式

脱气剂是黏度在 1～100cps 的疏水性的饱和脂肪酸。在进行下部电极板与液晶显示屏的层压时，一边进行压着铸模，一边又将空气排出。在层压 15～60min 后就可以实现所规定的粘合性。这种粘合机理是脱气剂被 PSA 吸收的一个凝胶化过程。

脱气剂的涂覆的方法与问题

如果脱气滴的涂覆厚度和流动方向发生偏差，就会产生图 5-17 所示的空洞。从液体与表面张力来讲，脱气剂黏度达到 10～100cps、层压体倾斜角大于 6°、脱气剂涂覆厚度在 10μm 以上，再加上到流动前进的接触角，很难发生空洞。根据脱气流延性，脱气剂的厚度最好是400μm。使用后退流延来

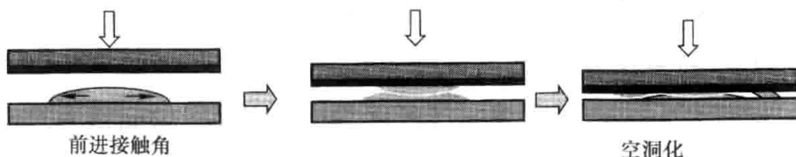


图 5-17　切面图（水平面叠层）

贴，容易产生如图 5-18 所示的空洞。

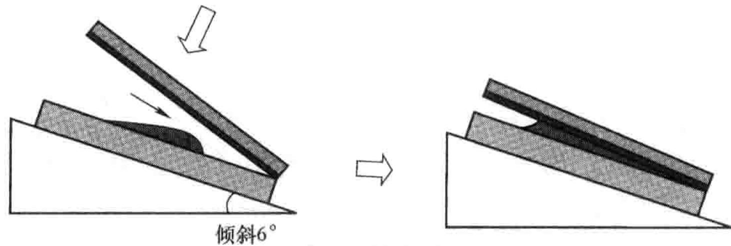


图 5-18 切面图（倾斜角 6°的前进流动接触的叠层）

5 间隙层的 PSA 或弹性粘合物

共同技研化学社推出了以丙烯基为主要成分的凝胶体的产品（产品名为メークリンゲル），其产品厚度为 50～3000μm。单层的 PSA 聚合物也可以使用，但考虑到粘合性、应力吸收性（空洞）、抗氧化性、聚合物的分子量、交联度等因素，使用两层或者三层结构的 PSA 较好，如图 5-19 所示。

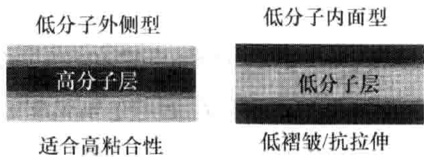


图 5-19 把架桥度与分子量在厚度上匀配的三层膜的切面

以丙烯酸聚合物为主要成分时，平均分子量大约为 300 万，虽然可以得到韧性，但是粘合性与应力吸收性下降，在粘合体界面产生空洞。在丙烯基板的界面中更加显著。

此外，在进行 AR、AG 处理时，如果形成了 ITO 的氧化膜，不能忽略丙烯酸中碳酸类的氧化作用。也可选择使用抗氧化剂或者多元醇等聚氨酯系。使用两层或三层以上的聚合物，可以增加接着力（粘合力）、应力吸收性（抗反弹）、抗氧化等功能。

图 5-20 和图 5-21 所示为共同技研化学社使用分子匀配膜法制作的 PSA 与其公司制作单层产品的对比图。与以往产品相比较，基板上的剥离值提升了 24%～36%。对于粘合性不太好的烯烃系，其剥离值下降 4%，以往产品

的剥离值下降 12.5% ~15.7%，相对于采用分子勾配膜法的情况其剥离值相差 44% ~46%。

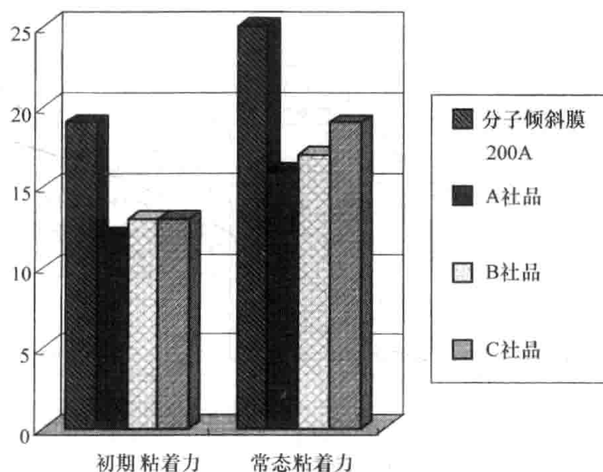
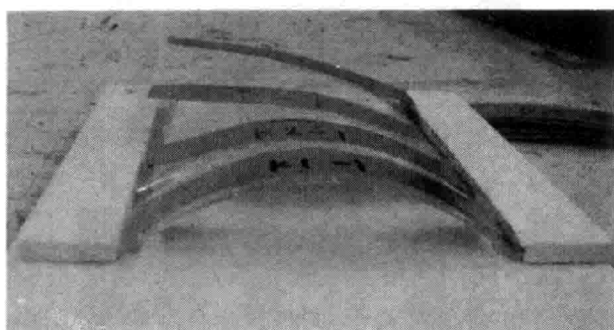


图 5-20　被着体（180 度剥离 25mm/N）



被粘着物体：Acryl板 厚度30cm/硬质铝箔厚度/150μm 经24h/60°C后观察

图 5-21　反弹实验（耐应力测试）分子倾斜膜型

在 110mm 长的丙烯基板上贴附 25mm 宽的胶带，在其上面再贴合 100mm 长的硬质厚铝板，压 1h，使其弯曲变为 100mm 长，观察铝板的剥离情况。分子勾配膜型［200A-30］K2-1，K1-1 都没发生剥离。

接下来对由分子勾配膜的方法制作的粘合层进行耐热性比较。比较的对象是同公司制作的分子量不同的产品 200A 与加了环氧的 200Y 产品。在常温下，其粘合力没什么差异，但是随着温度升高，发现环氧的产品逐渐出现交联现象，如图 5-22 和图 5-23 所示。使用脱气剂的弹性粘合物的层压方法填补间隙层，脱气剂随着层压一起流淌，在侧面末端处会渗出一部分。生产

工艺上为了解决上述渗出的脱气剂，在侧面涂覆含有油脂吸着剂的粘合剂。通过改善脱气剂的涂覆、滴下方法、退火方法、UV 交联等，逐步解决上述渗出的脱气剂。

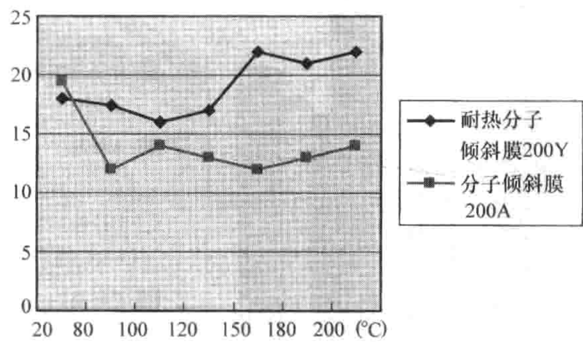


图 5-22　加热测试 180°剥离测试（被测试物体宽 25mm/N）

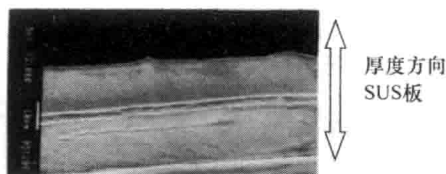


图 5-23　把架桥度与分子量在厚度上勾配的三层膜的切面

总厚 50μm（尺度单位 10μm）

与液状注入方法不同，采用上述脱气剂方法，树脂基板的收缩变小。相反，通过二次凝化可以减少基板的变形，此外，如果层压控制在 15min 以内，可以重新粘贴，这样可以减少电极板和液晶显示的废弃量。

以前使用覆膜机，不需要真空，可使用人工方式进行层压，适用于小批次和大幅宽的生产。此外，根据分子量 = 交联度的方向上有勾配分子倾斜膜型 PSA（透明间压粘合膜）的组成方法，可以在不牺牲其他功能的同时，实现间隙层对弹性粘合物的性能要求。包括受体的不同伸缩度、不同的湿润，以及光学性烯烃系对无极性体的粘合、应力吸收性、曲折率的维持、碳酸类的缓和、模切等加工性能，在不会损失以上功能的同时，可以得到性能满足要求的产品。

参考文献

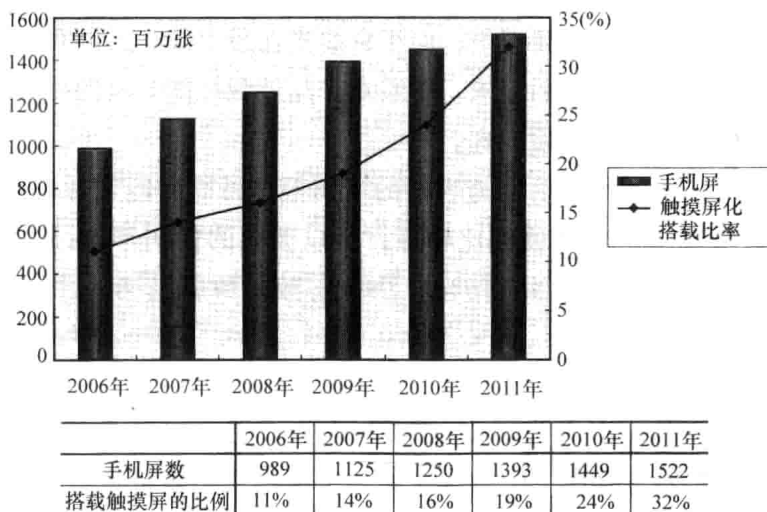
1）2009/05/接着学会関東支部 構造接着委員会、㈱オーシカ 藤井一郎

2）日東電工㈱ 公開特許 特開 2005-306937

屏幕表面玻璃

1 手机市场上采用触摸屏的动向

2008 年，手机市场达到了 12.5 亿部，2010 年有望突破 14 亿部。2008 年随着 iPhone 的出现，触摸的形式也发生了变化，各个手机厂商致力于提高触摸屏的集成率。2010 年，集成了触摸屏的手机有望超过 2 亿部。2009 年度，手机的触摸屏集成率几乎接近 20%，而使用的触摸屏主要是电容式触摸屏，如图 5-24 所示。



	2006年	2007年	2008年	2009年	2010年	2011年
手机屏数	989	1125	1250	1393	1449	1522
搭载触摸屏的比例	11%	14%	16%	19%	24%	32%

(根据中国台湾电子NEWS制作)

图 5-24　手机全球市场

在触摸屏的产品中，除了电容式触摸屏，还开发电阻式触摸屏。2010 年，触摸屏的集成率将进入崭新的一年。

2 表面玻璃市场

以前说起玻璃，最具有代表性的是手表的表蒙子。为了实现手机的薄型化、高级感，手机屏幕材料也逐渐由塑料盖转向玻璃。玻璃材料用在电脑的显示屏以及数码相机上，也成为了理所当然的事情。

最近，由于 iPhone 的影响，电容式触摸屏的表面多使用玻璃，在形状上也变得更为复杂，同时对玻璃强度也提出了更高的要求。总之，要求表面玻璃具有更多的功能。

玻璃的加工地分布：以前生产手表上所用的玻璃的工厂主要在中国的华南地区，表面玻璃的生产厂商主要有富士光学、比亚迪、Vitalink 以及深圳 lens，但是最近已经扩大到华东地区。随着生产玻璃厂商的增加，竞争也越来越激烈。

玻璃材料主要是 Al_2O_3 和 SiO_2。碱性玻璃的成本比较低，所以期望多把重点放在碱性玻璃产品。外观上，由于它集成在最上面，所以对划伤、异物附着等外观规格有着严格的要求。随着对产品外观性能要求的提高，促使玻璃生产厂商提升玻璃的品质管理。

在日本，虽然使用塑料作为表面的习惯根深蒂固，但是考虑到薄型化、高级感等因素，还是选择玻璃比较好，所以玻璃的使用率很高。但使用玻璃，会有破碎的风险，所以对粘合方法和防散射薄膜结构提出了更高的要求。

3 化学强化玻璃

化学强化玻璃，就是将玻璃表面的小离子换成大离子。一般将玻璃浸在高温溶解的盐（KNO_3）当中，将玻璃中的 Na^+ 与半径较大的 K^+ 离子交换，在表面层形成压缩层。因此玻璃的表面得到了强化，其效果与铝合金相同。在强化过程中，温度与溶剂分散对加工工艺的管理非常重要，要求在稳定性强、细密的表面上进行加工，并且需要减小不同批次间的变动。经过化学强

化玻璃，很坚固，表面平滑、耐温性高、变形小，这有利于减少碱玻璃的白化。

根据强化玻璃的切断方法不同，其强度差也不同。图 5-25 所示为切断前后的强度差别。现在，手机屏的表面玻璃的厚度主要是 0.5mm 或 0.7mm，不过今后市场需要更薄的玻璃基板。

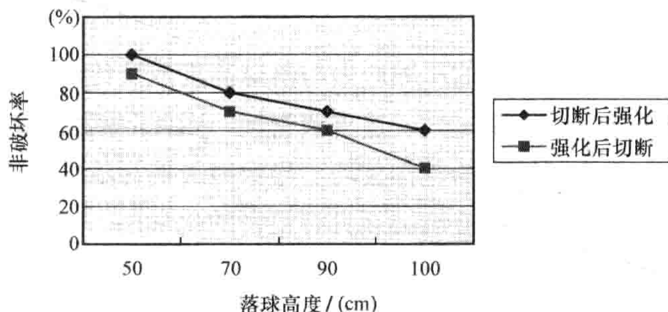


图 5-25　强化前后的试验结果

4 便携式产品表面玻璃的加工

便携式产品的表面玻璃加工流程要求有玻璃加工、边角印刷、及 logo 印刷工艺等。以 iPhone 来说，玻璃断面及扬声器打孔的断面需要进行抛光加工。各家厂商加工玻璃时除了玻璃切割、取芯、搭接、抛光、洗净、强化、洗净、外观检查这八大工艺流程外，还需要进行在边角印刷防散射膜。此外，在玻璃外形加工中存在段差加工，需要对其表面的 2 维和 3 组尺度进行加工。

由于加工工艺线比较长，选取玻璃的材料直接决定产品的成品率。加工厂商的最终目的都是提高成品率，在加工时间变长的情况下，对加工技术和管理提出了更高的要求。

根据材料加工技术不同，各个厂商的生产成本也不同。由于产品的优劣是由外观检查决定的，所以加工厂商生产者的技术水平直接决定产品的优劣。

产品的成本比例：材料占 10% ~30%；玻璃外形加工和强化占 30% ~50%；加工玻璃孔占 20%；印刷占 20%。虽然对玻璃加工能力的要求变高

了，但以现在玻璃的加工水平，成品率只能达到50% ~80%。从外观就可以看得到差异。

5 技术动向与课题

测试中，化学强化玻璃的压缩应力与落球高度成反比的关系。为维持强度的平衡、确保化学层的稳定性、追求致密性，因此溶剂与钾的配合、对温度与时间的控制成为了厂商的制作技巧。导致碱玻璃污浊的原因是玻璃中钠离子有很高的吸湿性，所以玻璃必须具有致密的化学层。

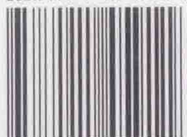
以往加工玻璃外形时需要穿孔，这道工艺主要通过磨削来完成，这样会与产品的外框发生摩擦，玻璃强度变差，对玻璃端面的加工要求变得更加严格，通过以上的加工工艺可以看出厂商的优劣。薄基板玻璃需要进行段差加工，并且对薄玻璃的外形还有均一性的要求，可见薄玻璃的加工工艺将成为今后的一个课题。

在玻璃表面上需要贴附多种具有特殊功能的膜，如防污膜、AR 膜等。这对玻璃的表面处理提出了各式各样的要求。各个厂商对玻璃的厚度需求也都不相同，作为玻璃加工厂商，必须具备能够稳定供应不同厚度的玻璃的能力。虽然现在电容式传感器基板与顶部玻璃板的主要结构是两层的，但是对单层结构的市场需求也很大。各个厂商还处于测试状态，可以进行一次加工的厂商很少。总之，产品的附加值越高，其风险也越大，面临的问题也越多。

国际视野　科技前沿

国际信息工程先进技术译丛

《触摸屏技术与应用》
《基于视觉的自主机器人导航》
《无线神经接口的超低功耗集成电路设计》
《基于片上去耦电容的配电网络》（原书第2版）
《智能摄像机》
《车载系统和安全的数字信号处理》
《嵌入式系统设计 —— 嵌入式信息物理系统基础》（原书第2版）
《纳米封装 —— 纳米技术与电子封装》
《内容分发网络》
《全面的功能验证：完整的工业流程》
《无线Mesh网络架构与协议》
《UMTS蜂窝系统的QoS与QoE管理》
《半导体制造与过程控制基础》
《WCDWA原理与开发设计》
《下一代移动系统：3G/B3G》
《IMS:IP多媒体概念和服务》（原书第2版）
《下一代无线系统与网络》
《深入浅出UMTS无线网络建模、规划与自动优化：理论与实践》
《HSDPA/HSUPA技术与系统设计——第三代移动
《通信系统宽带无线接入》
《无线传感器及元器件：网络、设计与应用》
《印制电路板——设计、制造、装配与测试》
《IPTV与网络视频：拓展广播电视的应用范围》
《多电压CMOS电路设计》
《微电子技术原理、设计与应用》
《蜂窝网络高级规划与优化2G/2.5G/3G/…向4G的演进》
《基于蜂窝系统的IMS——融合电信领域的VoIP演进》
《无线网络中的合作原理与应用》
《电生理学方法与仪器入门》
《移动电视：DVB-H、DMB、3G系统和富媒体应用》
《环境网络：支持下一代无线业务的多域协同网络》
《基于射频工程的UMTS空中接口设计与网络运行》
《未来UMTS的体系结构与业务平台：全IP的3G CDMA网络》
《UMTS-HSDPA系统的TCP性能》
《宽带无线通信中的空时编码》
《数字图像处理》（原书第4版）



上架指导　工业技术／工业自动化（人机界面）

ISBN 978-7-111-45911-8　定价：42.00元